

DER PHYSIK UND CHEMIE.
BAND LXXXI.I. *Ueber das Verhalten krystallisirter Körper zwischen den Polen eines Magneten; von H. Knoblauch und J. Tyndall.*Zweite Abhandlung^{1).}

Es ist bekannt, daß unkristallinische, nach einer Richtung verlängerte Körper, zwischen den Polen eines Magneten horizontal aufgehängt, so gedreht werden, daß sie der Länge nach von Pol zu Pol zeigen, wenn sie *magnetisch*; dagegen einen Winkel von 90 Grad mit der eben bezeichneten Richtung bilden, wenn sie *diamagnetisch* sind. Krystalle nehmen, nach ihrer Beschaffenheit, zwischen den Magneten polen die verschiedenartigsten Stellungen an, welche von Hrn. Plücker aus dem Gesichtspunkte erklärt worden sind, daß bei ihnen zu den magnetischen und diamagnetischen Kräften eine neue hinzutrete, welche sich bei den optisch *negativen* Krystallen in Form einer *Abstossung* der *optischen Axe*, bei *positiven* als eine *Anziehung* derselben darstellt²⁾, eine Kraft, welche von der magnetischen oder diamagnetischen Beschaffenheit der Substanz völlig *unabhängig* sey³⁾.

Diesem Prinzip hat sich eine Reihe von Thatsachen entgegengestellt, deren einige wir bereits in unserer ersten Abhandlung über diesen Gegenstand⁴⁾ besprochen haben.

Eine kreisrunde Scheibe von eisenoxydulhaltigem *Kalkspat*, in deren Ebene die optische Axe lag, drehte sich, als sie horizontal zwischen den Magneten polen aufgehängt

1) Die erste findet sich in diesen Annalen Bd. 79, S. 233.

2) Diese Ann. Bd. 77, S. 447.

3) Diese Ann. Bd. 72, S. 315, 342.

4) Diese Ann. Bd. 79, S. 233. — *Phil. Mag. Vol. 36, p. 178.*

wurde, so, dass die optische Axe die Verbindungs linie der Pole bildete. Die Kraft, mit der diese Drehung bei dem gedachten Kalkspath geschah, war so gross, dass ein vollständiges Rhomboëder desselben, dessen Axe horizontal schwingen konnte, mit dieser von Pol zu Pol gerichtet wurde. Ein unkristallinisches Rhomboëder, welches, wie der besprochene Krystall, magnetisch ist, hätte sich nicht so gestellt, es würde sich mit seiner längeren Dimension den Polen zugewendet haben. Dieser Einfluss der Form wurde überwunden, als sich das Kalkspath-Rhomboëder mit seiner optischen Axe den Polen zukehrte.

Wir sehen hier das directe Gegentheil von dem, was nach dem Plücker'schen Gesetz zu erwarten wäre. Der erwähnte, aus kohlensaurer Kalkerde und isomorphem kohlensaurem Eisenoxydul bestehende Kalkspath ist optisch *negativ*. Fände eine Abstossung der optischen Axe bei ihm statt, so müfste dieselbe bei dem Experiment mit der Scheibe sich von den Polen abwenden, sie müfste dies um so energischer thun bei dem Versuch mit dem Rhomboëder, in dem die Wirkung ihrer Abstossung durch den Einfluss der Form des magnetischen Körpers unterstützt wurde.

Ein Prisma von *schwefelsaurem Zinkoxyd* nimmt, vertical an einem Ende aufgehängt, eine ganz bestimmte Stellung zwischen den Magnetpolen an. Schneidet man eine Platte aus ihm heraus, senkrecht auf die Linie, welche von Pol zu Pol gerichtet war, und lässt polarisiertes Licht durch sie hindurch gehen, so sieht man die Ringsysteme um die beiden optischen Axen vollkommen symmetrisch entwickelt. Es ist dies ein Beweis, dass der Schnitt senkrecht auf die Linie geführt worden ist, welche den spitzen Winkel zwischen den optischen Axen halbirt. Diese Linie hat bei dem Versuche von Pol zu Pol gestanden.

Ganz dasselbe zeigt ein Prisma von *schwefelsaurer Magnesia*. Auch bei ihr kehrt (wie man sich auf dieselbe Weise überzeugt) die Mittellinie der optischen Axen sich den Magnetpolen zu.

Die äussere Form der Prismen an sich würde die gedachte Stellung nicht bedingt haben.

Ein Würfel von *Dichroit*, dessen Mittellinie, wie bei den vorigen Versuchen, horizontal schwingen konnte, drehte sich, wie bereits früher¹⁾ erwähnt, ebenfalls so, daß diese Linie in die axiale Lage, d. h. die Richtung von Pol zu Pol gebracht wurde.

Schwefelsaures Zinkoxyd, *schwefelsaure Magnesia* und *Dichroit* sind negative Krystalle mit zwei optischen Axen. Dem *Plücker'schen* Princip nach, sollte sich jede dieser Axen, in Folge der auf sie ausgeübten Abstossung, so weit als möglich von den Magnetpolen zu entfernen suchen. Als Resultat dieses Bestrebens müßte also die Halbirungslinie des von ihnen eingeschlossenen spitzen Winkels aequatorial, d. h. senkrecht gegen die Verbindungs linie der Pole gerichtet werden²⁾. Dieser Erwartung ist durch das Experiment widersprochen worden. Anstatt vor den Polen zurückzuweichen, wendet sich die Mittellinie in den beschriebenen Fällen denselben entschieden so nah als möglich zu.

Bergkrystall ist bekanntlich optisch einaxig und *positiv*. Auf seine Axe wird nach der *Plücker'schen* Betrachtungsweise (statt der bei negativen Krystallen angenommenen Abstossung) eine Anziehung von den Magnetpolen ausgeübt. Ein entsprechendes Verhalten des Krystals hat Hr. *Plücker* auch an einem Experiment wahrgenommen, wie aus der in diesen Annalen Bd. 78, S. 428 enthaltenen Uebersicht der untersuchten Körper hervorgeht. Bei einem früheren Versuche, welcher sehr zweckmäßig von demselben Verfasser mit einer Bergkrystall-Kugel angestellt worden war, hatte sich gerade das Entgegengesetzte gezeigt³⁾. Bei der schwachen Wirkung, welche überhaupt beim Bergkrystall vorhanden ist und geringen Nebenumständen leicht einen überwiegenden Einfluß gestattet, haben auch wir an-

1) Diese Ann. Bd. 79, S. 236.

2) Diese Ann. Bd. 72, S. 331 ff.

3) Diese Ann. Bd. 72, S. 325 ff., 339.

sangs bei einer grösseren Anzahl von Exemplaren die widersprechendsten Resultate erhalten. Als aber die Reinigung und Aufhängung der Krystalle mit der äussersten Sorgfalt und Vorsicht ausgeführt wurde, ergab sich bei 10 ein übereinstimmendes Verhalten, nämlich das Bestreben, sich mit der Axe von den Polen abzuwenden. Dabei war ihre Dimension längs der Axe absichtlich verkürzt worden, so dass die äussere Form der Krystalle, bei der diamagnetischen Eigenschaft ihrer Substanz, jene Wirkung nicht hervorgebracht haben konnte.

Schwerspath wurde zunächst in derjenigen Form angewandt, welche durch die drei Blätterdurchgänge des Krystals begränzt wird, einer geraden rhombischen Säule, in welcher die rhombische Grundfläche dem vollkommenen Blätterdurchgange, die rechteckigen Seitenflächen den einander gleichwerthigen, weniger vollkommenen Spaltungsrichtungen entsprechen. Die beiden optischen Axen liegen in einer Ebene, welche den spitzen Winkel der rhombischen Basis halbirt, ihre Mittellinie steht auf der letzteren senkrecht.

Wird eine solche Säule an der scharfen Seitenkante, d. h. so aufgehängt, dass die Ebene der optischen Axen vertical schwingen kann, so stellt sich diese, wie nach dem Plücker'schen Gesetz zu erwarten, da *Schwerspath* positiv ist, von Pol zu Pol. Hängt man aber die rhombische Säule an der stumpfen Seitenkante auf, so dass die optischen Axen horizontal zu liegen kommen, so richtet sich nicht, wie man weiter schliesen sollte, ihre Mittellinie den Polen zu, sondern entfernt sich vielmehr so weit als möglich von denselben.

Um ganz sicher zu seyn, dass diese Drehung nicht durch die Form des diamagnetischen Krystals bedingt werde, gaben wir ihm die eines Cylinders, welcher vertical zwischen den Polen hing, während die Ebene der optischen Axen, dem Vorigen entsprechend, horizontal lag, eine Form, in welcher ein unkristallinischer Körper gar keine Drehung erfahren haben würde. Auch dieser Cylinder stellte sich

so, dass die Linie, welche den spitzen Winkel zwischen den optischen Axen halbirt, die aequatoriale Lage annahm.

Ganz ebenso wie Schwerspath verhielt sich *Cölestin*, der dem ersten in krystallographischer Hinsicht gleicht und, wie jener, optisch zweiaxig und positiv ist. Bei ihm trat derselbe Widerspruch gegen das *Plücker'sche Princip* auf, als man die rhombische Säule an der stumpfen Kante aufhing, um die optischen Axen horizontal schwingen zu lassen. Ihre Mittellinie stellte sich aequatorial.

Mit noch grösserer Kraft wurde diese Linie beim *gelben Blutlaugensalze* von den Magnetpolen abgewendet, gleichgültig, ob die Ebene der optischen Axen vertical oder horizontal war. Der Krystall verharrte in der angegebenen Stellung, selbst wenn er rechtwinklich gegen die Mittellinie wohl vier Mal länger als in dieser Richtung, also seine Form, bei dem Diamagnetismus der Substanz, jener Stellung im höchsten Grade ungünstig war. Das gelbe Blutlaugensalz ist optisch zweiaxig und positiv, wie sich aus unserer Untersuchung mittelst polarisierten Lichtes nach dem von *Dove* angegebenen Verfahren ¹⁾ erwiesen hat.

Nach allen diesen Resultaten erscheint es unmöglich, den *Plücker'schen Satz*, wonach die optische Axe bei negativen Krystallen von dem Magneten abgestossen, bei positiven angezogen werden soll, bei jenen oder diesen aufrecht zu erhalten, sie mögen einaxig oder zweiaxig seyn.

Es erhellt daraus von selbst, wie gewagt es ist, aus der Stellung der Krystalle zwischen den Magnetpolen die Lage ihrer optischen Axen und in Verbindung mit dem mehr gedachten Satze ihr optisch negatives oder positives Verhalten vorherzusagen, ein Verfahren, welches von Hrn. *Plücker empfohlen* ²⁾ und selbst auf undurchsichtige Körper, wie Antimon, Arsenik, Wismuth, Wolfram, Kupferglanz, u. s. w. ausgedehnt worden ist ³⁾.

1) Diese Ann. Bd. 40, S. 482.

2) Diese Ann. Bd. 72, S. 328.

3) Diese Ann. Bd. 78, S. 428. 429.

Es stehen mit dem Besprochenen einige Facta im engsten Zusammenhange, welche wir noch erwähnen müssen, weil sie Berichtigungen früherer Beobachtungen enthalten.

Topas und *Diopsid* werden von Hrn. Plücker für besonders geeignet zum Nachweis seines Gesetzes in Bezug auf die negativen und positiven Krystalle gehalten¹⁾. Der erstere ist, nach seiner Angabe an der betreffenden Stelle, *negativ*, der letztere *positiv*. Die beiden optischen Axen des Topas würden sich demnach von den Magnet-Polen zu entfernen suchen, wie auch durch eine frühere Beobachtung des genannten Verfassers bestätigt wird²⁾. Freilich sollen die Stellungen des Krystals dadurch complicirt werden, dass „die Linie, welche die spitzen Winkel zwischen den optischen Axen halbirt, weder winkelrecht, noch parallel zur Axe des Prismas sey“³⁾.

Unter allen Topasen, welche wir zu untersuchen Gelegenheit hatten, hat sich, wie unter den von Brewster⁴⁾ und Dove⁵⁾ geprüften, nicht ein einziger optisch negativer gefunden. Ebenso wenig haben wir uns davon überzeugen können, dass die Mittellinie der optischen Axen gegen die Axe des Krystals geneigt sey und wir stimmen auch hierin vollkommen mit Brewster⁶⁾ überein. Die optischen Axen bilden im Topas gleiche Winkel mit dem Hauptblätterdurchgange, welcher der horizontalen Endfläche entspricht. Ihre Mittellinie ist folglich senkrecht gegen diese Fläche, d. h. der Axe des Prismas parallel gerichtet.

Zwischen den Magnet-Polen wiederholten sich anfangs die von Hrn. Plücker beschriebenen Erscheinungen. Eine einfache Drehung des Krystals um seine horizontal hängende Axe reichte bisweilen hin, seine ganze Stellung gegen die Pole zu ändern. Aber bei verschiedenen Exem-

1) Diese Ann. Bd. 77, S. 447.

2) Diese Ann. Bd. 72, S. 329. 330.

3) Diese Ann. Bd. 77, S. 447.

4) Brewster, *Double Refraction and Polarisation of Light.* p. 26.

5) Diese Ann. Bd. 40, S. 483, 484.

6) Brewster, *A treatise on Optics* p. 204.

plaren war keine Uebereinstimmung wahrzunehmen. Es bedurste eines anhaltenden Kochens mit Chlorwasserstoff-säure und der sorgfältigsten anderweitigen Reinigung, um ein gleiches Verhalten aller (5 sächsischer und 2 brasili-anischer) zu bewirken. Dies bestand endlich darin, dass sich *das Prisma mit seiner Axe jedesmal von Pol zu Pol stellte*, wie der Krystall auch um dieselbe gedreht werden mochte, und selbst in Fällen, in welchen diese Dimension die auf ihr senkrechte um das $1\frac{1}{2}$ fache übertraf, also die äussere Gestalt des diamagnetischen Körpers jener Stellung entgegenwirkte.

Bei Versuchen so feiner Art, wie die mit Topas, Schwer-spath und Cölestin sind, kann nicht vorsichtig genug ver-fahren werden. Der Faden, an dem wir diese Krystalle aufhingen, hatte bei 1 Fuß Länge, nur $\frac{1}{7500}$ Zoll Dicke, d. h. einen Durchmesser gleich dem achten Theil einer Haaresbreite. Das Wachs, dessen man sich in der Regel zur Befestigung der Körper an dem Faden bedient, darf nie von den Polen oder irgend welchen Körpern, die mit Eisen zusammengekommen, berührt werden, und muss er-neuert werden, wenu dies durch Zufall geschehen ist. Seine Menge darf nur eben ausreichen, den Krystall zu tragen; dabei muss das Stück rund geformt seyn, um an sich nicht das geringste Drehungsvermögen zu besitzen.

Diopsid fanden wir, wie *Dove*¹⁾, der obigen Angabe entgegen, negativ. Bei den obigen Versuchen, welche mit einem Würfel des genannten Krystalls angestellt wurden, entfernten sich seine optischen Axen von den Polen. Auffallend ist es, dass in einer neuern Abhandlung Hrn. *Plücker's*²⁾, Topas auch von ihm unter den positiven, Diopsid unter den negativen Krystallen aufgeführt wird.

Schwefelsaures Nickeloxyd und Borax werden von *Brew-ster*³⁾ als optisch positiv bezeichnet. Die uns zu Gebote stehenden Exemplare erwiesen sich bei einer Untersuchung

1) Diese Ann. Bd. 40, S. 484.

2) Diese Ann. Bd. 78, S. 429.

3) *Double Refraction and Polarisation of Light p. 26.*

mittelst circular polarisirten Lichtes nach der von Dove aufgestellten Methode ¹⁾) als *negativ*. Bei beiden richtete sich die Mittellinie der optischen Axeu entschieden *aequatorial*.

Sonach würden Topas, Diopsid schwefelsaures Nickeloxyd und Borax den besprochenen Satz zu bestätigen scheinen, ebenso wie die in der That zahlreichen Beispiele, welche Hrn. Plücker bewogen, für ein allgemeines Gesetz zu halten, was nur die Regel in dem Auftreten der von ihm untersuchten Krystalle war: ein Schluss, der (wie wir bereits gesehen) in der ihm gegebenen Ausdehnung durch die Erfahrung nicht gerechtfertigt worden ist.

Es schien von Interesse, das Verhalten *diamagnetischer und magnetischer Körper bei ähnlichen Naturverhältnissen mit einander zu vergleichen*.

1. Im *Topas* wie im *Beryll* ist bekanntlich die Hauptspaltungsrichtung der horizontalen Endfläche parallel. Hängt man Würfel dieser Krystalle zwischen den Magnetpolen so auf, dass der Hauptblätterdurchgang sich vertical befindet, so richtet er sich beim Topas, welcher *diamagnetisch* ist, parallel der sogenannten *aequatorialen* Ebene, d. h. senkrecht auf die Verbindungslinie der Pole; beim *magnetischen Beryll* aber nimmt er die *axiale* Stellung, d. h. eine Richtung von Pol zu Pol an.

2. *Schwefelsaures Zinkoxyd* und *schwefelsaure Magnesia* haben gleiche Krystallform mit dem *schwefelsauren Nickeloxyd*. Werden sie zwischen den Polen mit ihrer einzigen Spaltungsrichtung, welche der Axe des Prismas parallel ist, vertical aufgehängt, so stellt sich diese Spaltungsrichtung bei den erst genannten *diamagnetischen Krystallen aequatorial*, bei dem letzteren *magnetischen, axial*.

3. *Salpeter* und *Skapolith* gleichen einander darin, dass ihre beiden Spaltungsrichtungen der Axe ihrer Prismen parallel sind. Diese Axe wird, wenn man sie horizontal zwischen den Polen schwingen lässt, bei dem *diamagnetischen Salpeter* in die *aequatoriale*, beim *magnetischen Skapolith*

1) Diese Ann. Bd. 40, S. 457, 482.

polith in die *axiale* Lage gedreht. Es versteht sich von selbst, dass auch in diesen, wie in allen bisher betrachteten Fällen, dafür gesorgt war, dass die gedachte Stellung nicht durch die äusserne Form der angewandten Krystalle bedingt wurde.

4. *Irländischer Doppelspath* und *Eisenglanz* sind rhomboedrisch. Hängt man sie dergestalt auf, dass ihre kystallographische Axe horizontal ist, so wird bei dem *diamagnetischen* (aus reiner kohlensaurer Kalkerde bestehenden) Kalkspath diese Axe *aequatorial*, beim *magnetischen* Eisenglanz *axial* gerichtet.

Wir halten uns, auf Grund dieser Thatsachen¹⁾ (denen wir weiter unten noch andere hinzufügen werden) zu dem Schlusse berechtigt, dass *dieselbe Richtung, welche in irgend einem rein diamagnetischen Krystall sich senkrecht auf die Verbindungslinie der Magnetpole einstellt, bei einem rein magnetischen Körper von gleicher krystallinischer Structur den Polen sich zuwendet*.

Demgemäß sind wir davon überzeugt, dass überhaupt die eigenthümliche, von der äussernen Form nicht bedingte Stellung eines Krystalls zwischen den Magnetpolen nicht, wie Hr. Plücker²⁾ meint, einer „von der magnetischen und diamagnetischen Beschaffenheit der Materie unabhängigen Wirkung“ zuzuschreiben sey, sondern dass sie vielmehr ganz wesentlich durch jene bestimmt werde.

Es liegt eine Bestätigung hiervon auch in dem Verhalten solcher Krystalle, deren Substanz aus *diamagnetischen und magnetischen Bestandtheilen gemischt* ist.

Während nämlich (nach dem Obigen) ein Rhomboeder aus *reiner kohlensaurer Kalkerde*, welche diamagnetisch ist, zwischen den Polen seine horizontal schwingende Axe in die *aequatoriale* Lage dreht, kehrt ein Kalkspath, in wel-

1) Von denen vorzugsweise die unter 2) und 4) mitgetheilten Fälle in Betracht kommen, da bei ihnen nicht allein ähnliche Blätterdurchgänge (wie in den unter 1) und 3) aufgeführten Beispielen) sondern in der That gleiche Krystallformen vorhanden sind.

2) Diese Ann. Bd. 72, S. 315. 342.

chem neben dem kohlensauren Kalk eine gewisse Menge isomorphen magnetischen *kohlensauren Eisenoxyduls* enthalten ist, seine Axe den Polen zu. Aber die Kraft, mit der dies geschieht, ist unbedeutend, wenn die Menge des Eisenoxyduls im Vergleich mit der der Kalkerde eine verhältnismässig geringe ist, weil für das Endresultat in diesem Falle nur die Differenz zweier Kräfte entscheidet, der Wirkungen, welche die Pole auf ein diamagnetisches und ein dasselbe gleichsam durchdringendes magnetisches Rhomboëder ausüben. *Dolomit* enthält neben kohlensaurem Kalk und kohlensaurer Magnesia in der Regel Eisenoxydul und Manganoxydul genug, um seine Axe von Pol zu Pol zu richten. Noch verschiedener ist dies beim *Breunerit* der Fall, in dem die diamagnetische kohlensaure Kalkerde fehlt. Die Kraft der Einstellung in dem bezeichneten Sinne wächst im Vergleich mit dem Vorigen, bei Anwendung von *Spath-eisenstein*, in dem die diamagnetischen Bestandtheile gegen das kohlensaure Eisenoxydul fast ganz verschwinden. Bei reinem Eisenoxyd endlich ist die Kraft, mit welcher die Axe des Rhomboëders von Pol zu Pol gerichtet wird, so gross, dass der Rest von Magnetismus, welcher bei geöffneter Kette im Elektromagneten zurückbleibt, ausreicht, einen *Eisenglanz*-Krystall gewaltsam in jene Lage zu drehen, auch wenn die Ausdehnung dieses magnetischen Körpers längs der Axe nur $\frac{1}{5}$ bis $\frac{1}{6}$ seiner Dimension in der darauf senkrechten Richtung beträgt.

So wird diejenige Linie, welche in einem *diamagnetischen* Krystall zwischen den Polen die *aequatoriale* Lage annimmt, mit desto grösserer *Kraft* in die *axiale* Stellung gedreht, je mehr die diamagnetischen Bestandtheile des Krystals durch *isomorphe magnetische* ersetzt werden.

Wir erwähnen bei dieser Gelegenheit der Verschiedenheiten, welche bei Hrn. Faraday's und Hrn. Plücker's Beobachtungen am *Antimon* aufgetreten sind. Das von Hrn. Faraday¹⁾ untersuchte stellte sich, wenn sein Hauptblätterdurchgang vertical war, mit diesem *aequatorial*, das

1) *Lond. Philos. Transact. f. 1849 Part I. p. 13—17.*

von Hrn. Plücker¹⁾ angewandte dagegen axial. Unter den uns zu Gebote stehenden Exemplaren zeigten einige das erstere, andere das letztere Verhalten. Vor einem einzigen Pole aufgehängt wurden alle, wie diamagnetische Körper, ihrer ganzen Masse nach abgestossen. Die Krystalle wurden der chemischen Analyse unterworfen. Diejenigen, welche Hrn. Faraday's Beobachtung bestätigten, waren vollkommen rein, die mit Hrn. Plücker's Beobachtung übereinstimmenden enthielten eine geringe Menge von Eisen. Es ist mehr als wahrscheinlich, dass von dieser Menge, wenngleich sie eine Anziehung des ganzen Stücks vor einem Pole nicht bewirken konnte, die Drehung in die axiale Lage zwischen den Magnetpolen herrührte.

In Bezug auf die Erklärung des Verhaltens, welches die Krystalle in ihrer Stellung zwischen den Magnetpolen charakteristisch von unkrySTALLINISCHEN Substanzen unterscheidet, haben wir bereits in unserer ersten Abhandlung über diesen Gegenstand²⁾ darauf hingewiesen, dass es ausreichend sey, eine Ungleichheit der diamagnetischen Wirkung nach verschiedenen Richtungen in einem diamagnetischen, eine Ungleichheit des Magnetismus in einem magnetischen Krystall anzunehmen. Es frage sich weiter, auf welchen Umstand eine solche Verschiedenheit der Wirkung in einem und demselben Körper zurückzuführen sey. Bei den vielfachen Beziehungen, welche wir zwischen der Stellung der Krystalle und ihrer Structur wahrgenommen hatten, lag die Vermuthung nahe, dass die bezeichnete Ungleichheit der diamagnetischen oder magnetischen Wirkung nach verschiedenen Richtungen nur den eigenthümlichen Aggregationsverhältnissen der materiellen Theile in den Krystallen zuzuschreiben sey.

Wir wurden in dieser Ansicht bestärkt durch die Beobachtung, dass Krystalle in Form von *Pseudomorphosen*, in denen sich die äufsere Structur bei geänderten Bestandtheilen erhalten hatte, noch ganz dasselbe Verhalten zwi-

1) Diese Ann. Bd. 76, S. 577. 578.

2) Diese Ann. Bd. 79, S. 238 ff.

schen den Magnetpolen zeigten, wie derjenige, welchem die ursprüngliche Form angehörte. So stellte sich z. B. ein künstlicher *Eisenkies*, welcher sich durch Reduction von kohlensaurem Eisenoxydul mittelst Schwefelwasserstoff gebildet hatte, und ein künstlicher *Magneteisenstein*, der durch Rösten aus demselben Körper entstanden war, noch ganz ebenso wie ein Rhomboëder von *Spatheisenstein*, aus welchem diese umgewandelten Krystalle dargestellt waren. Die Axe des Rhomboëders kehrte sich den Polen zu und zwar (in vollkommener Uebereinstimmung mit allem Früheren) mit um so gröserer Kraft als die magnetische Beschaffenheit der Bestandtheile, mit ihrer Umwandlung genommen hatte.

In dem Umstände, dass krystallisierte Metalle (nach Hrn. Faraday's Beobachtung¹⁾) beim Schmelzen ihre richtende Kraft verlieren, liegt ferner ein Beweis, wie eng ihre Stellung zwischen den Polen an die krystallinische Structur gebunden ist.

Ueber die *Art und Weise der magnetischen Wirkung* in allen diesen Fällen gewannen wir eine Vorstellung durch eine Reihe von Versuchen, von denen wir hier nur folgende hervorheben wollen.

Wird aus dem feinen Pulver eines rein diamagnetischen²⁾ Körpers, z. B. *Mehl*, dessen Theilchen leicht an einander haften, wenn ihm eine Spur von Gummi-Wasser beigemengt ist, ein kleiner vierkantiger Stab gebildet, so stellt sich dieser, horizontal zwischen den Magnetpolen aufgehängt, natürlich aequatorial. Drückt man ihn, in der Richtung seiner grösseren Ausdehnung so weit zusammen, dass das Parallelepipedon in einen Würfel übergeht, so stellt sich dieser zwischen den Polen so ein, dass die Rich-

1) *Philos. Transact. f. 1849 Part. I. p. 27.*

2) Ob ein Körper *diamagnetisch* oder *magnetisch* ist, lässt sich am besten ermitteln, wenn man ihn an einem feinen Faden vor einem oder besser vor zwei zugespitzten Polen, die sich fast berühren, aufhängt. Wird er von diesen, bei Erregung des Elektromagneten durch Schliessen des galvanischen Stromes, seiner ganzen Masse nach *abgestossen*, so ist er *diamagnetisch*, wird er *angezogen*, *magnetisch*.

tung, in welcher die Zusammendrückung stattgefunden hat, die aequatoriale Lage annimmt. Dies ist selbst dann noch der Fall, wenn die Zusammendrückung in demselben Sinne, wie zuvor, so weit fortgesetzt worden, daß aus dem Würfel eine dünne Platte entstanden ist. Es tritt hier die Erscheinung auf, daß eine rein *diamagnetische*, unkristallini-
sche Scheibe, deren jedes Theilchen vom Magneten ab-
gestoßen wird, sich zwischen den Polen so dreht, als ob sie von denselben angezogen würde. Aber diese Erschei-
nung erklärt sich von selbst. Die diamagnetische Wirkung
ist in derjenigen Richtung, in welcher die materiellen Theile
des Körpers durch das Pressen einander näher gerückt
worden sind, größer geworden. Ihr zufolge sucht sich die
Reihe der in der Richtung liegenden Theilchen vorzugs-
weise von den Polen zu entfernen. Demgemäß stellt die
Ebene der Scheibe sich von Pol zu Pol. Ein nicht comp-
rimirter homogener Würfel aus derselben Substanz zeigte
keine richtende Kraft.

Wurde dem Mehl fein gepulvertes *kohlensaures Eisenoxydul* (welches bekanntlich magnetisch ist) beigemischt, so stellte sich ein aus dem Gemenge gebildeter Stab axial. Drückte man ihn aber auf die angegebene Weise zusammen, so nahm die entstehende Platte eine aequatoriale Lage an. Derselbe Versuch ließ sich mit reinem kohlen-
saurem Eisenoxydul anstellen. Wir sehen hier den Fall eintreten, daß eine *magnetische* Scheibe ohne kristallini-
sche Structur, deren Masse durchweg vom Magneten angezogen wird, zwischen den Polen eine Drehung erleidet, welche einer Abstößung gleicht. Diese Erscheinung be-
ruht einfach darauf, daß die magnetische Wirkung in derjenigen Richtung, in welcher die Theile einander genähert wurden, verstärkt worden ist, und daß die überwiegende Anziehung in diesem Sinne die bezeichnete Stellung der Scheibe bewirkt.

Aus den mitgetheilten Beobachtungen glauben wir schlie-
ßen zu dürfen, daß überhaupt in *diamagnetischen wie in
magnetischen Körpern, deren Theile nicht nach allen Seiten*

hin gleich weit von einander abstehen, die (diamagnetische oder magnetische) Wirkung, welche sich an ihnen zwischen den Polen kund giebt, immer in der Richtung am stärksten ist, in welcher die materiellen Theile am nächsten bei einander sind.

Von diesem Gesichtspunkte ausgehend, fertigten wir aus einem Pulver von chemisch reiner kohlensaurer Kalkerde, dem als Bindemittel etwas Gummiwasser hinzugefügt und das (während des Trocknens) in einem Schraubstock nach einer Richtung stark zusammengeprefst worden war, ein Rhomboëder von der Form des Kalkspaths mit der Rücksicht, dass die Axe dieses Rhomboëders mit derjenigen Richtung zusammenfiel, in welcher die Theile des kohlensauren Kalks beim Zusammendrücken einander genähert worden waren.

Wurde ein solcher Körper zwischen den Magnetpolen dergestalt aufgehängt, dass die bezeichnete Axe horizontal war, so richtete er sich mit dieser, wie der diamagnetische Kalkspath selbst, aequatorial. Ueberhaupt war, bei der gedachten Aufhängung, sein Verhalten zwischen parallelepipedischen oder conischen, nahen wie fernen Polen durch Nichts von dem eines Kalkspaths-Krystals unterschieden.

Ganz auf dieselbe Weise wie mit der kohlensauren Kalkerde verfuhren wir mit Eisenoxyd. Aus einem, mit etwas Gummiwasser versetzten Pulver desselben, das während des Trocknens einem vorherrschenden Druck nach einer Richtung ausgesetzt gewesen war, wurde ein Rhomboëder in Gestalt des Eisenglanzes gebildet, wobei wieder die Richtung, in welcher die Theilchen beim Druck einander am nächsten gebracht waren, zur Axe genommen wurde. Ein solches Rhomboëder kehrte sich unter dem Einfluss des Magneten, wenn seine Axe horizontal schwingen konnte, mit dieser, wie ein magnetischer Krystall von Eisenglanz, den Polen zu. Ueberhaupt waren alle seine Stellungen, bei der bezeichneten Aufhängung, mit denen eines Eisenglanz-rhomboëders identisch, in welcher Form oder Entfernung die Pole auch wirken mochten.

Auch complicirtere Erscheinungen als diese, z. B. die, welche *Schwerspath* darbietet, ließen sich auf ähnliche Weise durch Modelle nachahmen.

Es ist bereits oben bemerkt worden, dass sich eine rhombische Säule dieses Krystals, in horizontaler Lage an der *scharfen* Seitenkante aufgehängt, *axial*, dagegen bei der Aufhängung von der *stumpfen* Seitenkante *äquatorial* richtet. Ist die Säule *vertical*, so stellt sich die durch die *stumpfen* Kanten gelegte Ebene *äquatorial*.

Denken wir uns durch den Krystall drei auf einander rechtwinklige Linien gelegt, die eine in der Richtung der krystallographischen Axe der Grundform, d. h. parallel den vier Seitenkanten der rhombischen Säule, die zweite im Sinne der langen, die dritte in der Richtung der kurzen Diagonale der rhombischen Basis, so hat sich aus den beschriebenen Stellungen des Schwerspats schon ergeben, dass die diamagnetische Wirkung in ihm nach diesen drei Richtungen eine ungleiche sey. Das Verhältniss dieser Wirkungen näher kennen zu lernen, hat man zu bedenken, dass, wenn eine jener Linien als verticale Drehungsaxe angenommen wird, nur die Wirkung in den beiden andern, welche alsdann horizontal liegen, eine richtende Kraft auf den Krystall ausüben kann. Die Richtung nun, in welcher die Wirkung überwiegt, wird sich, da wir es mit einem diamagnetischen Körper zu thun haben, *äquatorial* stellen.

Hiernach ergiebt das Verhalten des Schwerspats zwischen den Magnetpolen in den drei bezeichneten Fällen, in denen zuerst die lange, sodann die kurze Diagonale, endlich die krystallographische Axe *vertical* war:

1. Die diamagnetische Wirkung ist parallel der kurzen Diagonale grösser als längs der Axe. Denn der Krystall stellt sich, wenn nur diese beiden Richtungen für seine Drehung in Betracht kommen, mit der kurzen Diagonale *äquatorial*.

2. Der Diamagnetismus längs der Axe ist stärker als der im Sinne der langen Diagonale. Denn der Krystall

dreht sich, wenn die Wirkung in diesen Richtungen sich geltend macht, mit der Axe aequatorial.

3. Die diamagnetische Wirkung nach der kurzen Diagonale übertrifft die in der langen. Denn unter dem Einfluss dieser beiden wird der Krystall mit der kurzen Diagonale aequatorial gerichtet. Es liegt hierin zugleich eine directe Bestätigung des Schlusses, welcher schon aus den ersten beiden Sätzen gezogen werden konnte¹⁾.

Wir pressten einen Teig von *Wismuthpulver* zwischen Glasplatten in zwei auf einander senkrechten Richtungen mit ungleicher Kraft, und bildeten aus dieser diamagnetischen Masse eine rhombische Säule so, dass ihre kurze Diagonale dem Sinne der grösseren, ihre Axe dem der geringeren Zusammendrückung entsprach, während die lange Diagonale mit derjenigen Richtung zusammenfiel, nach der kein Druck ausgeübt worden war. Zwischen den Magnetpolen waren die Stellungen dieser Säule denen eines Schwer-spath-Krystalls vollkommen gleich, sie mochte horizontal an der scharfen oder stumpfen Seitenkante oder vertical aufgehängt worden seyn.

Sonach ist es an diesem wie an den vorigen Beispielen durch das Experiment erwiesen, dass eine nach verschiedenen Richtungen *ungleiche Anordnung der materiellen Theile* in den Körpern, zwischen den Magnetpolen, diejenigen Erscheinungen herbeiführen können, welche wir an Krystallen eintreten sehen. Es ist aber eine solche ungleiche Aggregation, auf Grund vieler anderer Thatsachen in der Physik, in den Krystallen bereits angenommen. Mithin wird es gerechtfertigt erscheinen, auch hier an ihr

fest-

1) Um diese Bestimmungen vor jedem Nebeneinfluss der äusseren Form des Krystalls zu sichern, beobachteten wir (außer den Stellungen, welche der Schwerpath in Säulenform annahm) auch die Drehung, welche drei Cylinder aus demselben Krystall erfuhren, die, der Reihe nach, vertical zwischen den Polen aufgehängt wurden und bei deren einem die Richtung der langen, beim zweiten die der kurzen Diagonale, beim dritten die krystallographische Axe zur Axe genommen waren. Ihre Stellung zwischen den Magnetpolen bestätigte die obigen Angaben.

festzuhalten und auf sie jene neue Klasse von Erscheinungen zurückzuführen, deren keine, nach dem jetzigen Standpunkt der Erfahrung, dieser Erklärung entgegensteht.

Es würde hiermit zugleich ein *neuer Anhaltspunkt für die Ermittlung der Aggregationsverhältnisse* selbst gewonnen seyn, wie aus den mitgetheilten Beispielen am Kalkspath, Eisenglanz und Schwerspath und den ihnen entsprechenden künstlich nachgebildeten Körpern hinreichend ersichtlich seyn wird.

Nach dem Vorstehenden muss die Annahme einer „neuen optomagnetischen Kraft“¹⁾), wie sie von Hrn. Plücker bisher zur Erklärung des Verhaltens krystallirter Körper zwischen den Magnetpolen vorausgesetzt wurde, als unnöthig erscheinen. Es fallen damit auch ihre näheren Bestimmungen, z. B. die Angabe, dass „sie mit der Entfernung langsamer abnehme als die von den Polen aus auf den Krystall wirkenden magnetischen oder diamagnetischen Kräfte“²⁾.

Diese Eigenschaft war ihr namentlich deshalb zugeschrieben worden, um die eigenthümlichen Stellungen gewisser Krystalle, z. B. eines magnetischen Turmalins, in verschiedenem Abstande von den Polen erklären zu können. Ein horizontal hängendes Prisma desselben wird nämlich zwischen nahen Polspitzen axial, zwischen fernen aequatorial gerichtet. Es sollte dies davon herrühren, dass im ersten Falle die magnetische Anziehung, im letzteren die (von der bezeichneten Kraft ausgeübte) „abstossende Wirkung der Magnetpole auf die Axenrichtung“³⁾ überwiege.

Ein Stab aus einem magnetischen Pulver, dessen Theile senkrecht auf seine Längendimension näher an einander gerückt sind als in dieser, verhält sich aber unter übrigens gleichen Umständen genau wie der Turmalin.

Eine Untersuchung des magnetischen Feldes zwischen den Polen (mittelst Eisenfeilspähnen) überzeugte uns, dass

1) Diese Ann. Bd. 72, S. 319. Bd. 77, S. 448.

2) Diese Ann. Bd. 72, S. 315, 321, 322, 342.

3) Diese Ann. Bd. 72, S. 318 ff. Bd. 76, S. 576.

eine sehr starke Wirkung in unmittelbarer Nähe der conischen Spitzen vorhanden ist, dass dieselbe aber außerordentlich schnell mit der Entfernung abnimmt. Kommt nun ein Theil, z. B. ein Ende des aufgehängten magnetischen Körpers, in den Bereich jener Wirkung, so wird er mit großer Kraft angezogen. Demgemäß stellt sich der ganze Stab, bei *nahen Polen, axial*. Entfernt man die letzteren aber, so dass ihr überwiegender, localer Einfluss auf die Endpunkte des Körpers im Vergleich mit dem auf seine übrige Masse verschwindet, so macht die ungleiche Aggregation in dieser sich geltend und es treten die Wirkungen ein, welche wir bereits kennen gelernt haben: der magnetische Körper stellt sich mit der Richtung, in welcher seine Theile am nächsten bei einander sind, von Pol zu Pol, er richtet sich demnach in dem vorliegenden Beispiel mit seiner Längendimension *aequatorial*.

Das Letztere erfolgte auch bei *nahen parallelepipedischen* Polen, wenn das Turmalinprisma oder der erwähnte Stab mitten zwischen ihnen aufgehängt wurde, ein neuer Beweis, dass es bei diesen Erscheinungen nicht auf die bloße Entfernung der Pole von den betreffenden Körpern ankam. Ueberdiels ergab eine directe Untersuchung des magnetischen Feldes in obiger Weise, dass in diesem Falle (wie bei fernen Polen) eine fast gleichmäßige (nur verstärkte) Wirkung auf den ganzen eingeschalteten Körper ausgeübt wurde, ein Umstand, der uns auch bestimmte, bei den oben beschriebenen Versuchen mit Krystallen stets parallelepipedische Pole anzuwenden.

Die *Hauptresultate* unserer Untersuchung lassen sich nach dem Mitgetheilten in folgende Sätze zusammenfassen.

1. Der *Plücker'sche Satz*, wonach die Stellung der optisch negativen Krystalle zwischen den Magnetpolen auf eine Abstossung, der positiven Krystalle auf eine Anziehung der optischen Axe zurückgeführt wird, kann weder bei jenen, noch bei diesen aufrecht erhalten werden, sie mögen einaxig oder zweiaxig seyn.

2. Dieselbe Richtung, welche in irgend einem rein

diamagnetischen Krystall sich senkrecht auf die Verbindungsline der Magnetpole einstellt, wendet sich bei einem rein magnetischen Körper von gleicher krystallinischer Struktur den Polen zu.

3. In Körpern, deren Theile nicht nach allen Seiten hin gleich weit von einander abstehen, ist die diamagnetische oder magnetische Wirkung, welche sich an ihnen zwischen den Polen kund giebt, immer nach der Richtung am stärksten, in welcher die materiellen Theile am nächsten bei einander sind.

4. Alle bisjetzt bekannten Erscheinungen, welche die Krystalle in ihrem Verhalten zwischen den Magnetpolen von den unkristallinischen Körpern unterscheiden, lassen sich auf bisherige Annahmen über die nach verschiedenen Richtungen ungleiche Aggregation ihrer materiellen Theile zurückführen¹).

II. Ueber das Gesetz, nach welchem die Einwirkung der Säuren auf den Rohrzucker stattfindet; von Ludwig Wilhelmy in Heidelberg.

(Schluss von S. 428.)

C. Einfluss der Quantität der Säure und des Lösungsmittels.

Versuche, bei denen ich die Menge der auf den Zucker einwirkenden Säure veränderte, ließen mich bald erkennen

1) Im Begriff, den vorstehenden Bericht abzusenden, erhalten wir die Abhandlung der HH. Plücker und Beer: Ueber die magnetischen Axen der Krystalle und ihre Beziehung zur Krystallform und zu den optischen Axen. (Diese Ann. Bd. 81, S. 115). Wir behalten uns vor, die von den unserigen abweichenden Ansichten der Verfasser bei einer späteren Gelegenheit zu besprechen.

dass die Grösse $\frac{IZ_0 - Iz}{T} = MS$ nicht S proportional, sondern schneller als dieses zunimmt. Andererseits nahm ich auch wahr, wie dies vorauszusehen ist, dass der Werth jener Differenz wächst mit abnehmender Verdünnung der Flüssigkeit, also mit abnehmender Menge des Lösungsmittels, des Wassers. Setzte ich aber M , den Umwandlungs-
Coëfficienten $= \frac{M}{w}$, mit w das Gewicht des Wassers in Grammen bezeichnend, so ergab sich zwar eine annähernde, doch nicht vollkommene Uebereinstimmung mit den Versuchen, und zwar waren die Abweichungen ihrem Sinne nach so entschieden, dass ich sie trotz ihres geringen Betrages Ungenauigkeiten der Beobachtung nicht wohl beschreiben konnte. Zahlreiche Wiederholungen meiner Versuche liefsen mich indefs erkennen, dass der vollkommene

Ausdruck für M seyn müsse: $M = \frac{ma^{\frac{s}{w}}}{w}$, durch a eine für die verschiedenen Säuren verschiedene Constante bezeichnend. Die Richtigkeit dieser Annahme mag aus den nachfolgend mitgetheilten Resultaten erhellen, welche zugleich zur Bestimmung der Werthe von a benutzt worden sind. Es wurden nämlich die aus den Beobachtungen jeder ein-

zelnen Reihe erhaltenen Werthe für $M = ma^{\frac{s}{w}}$ mit einander combiniert, wobei, da die Mischungen jeder einzelnen Reihe während der ganzen Dauer des betreffenden Versuchs denselben Temperatureinflüssen unterworfen gewesen waren, m — eine noch näher zu bestimmende Function der Temperatur — für jede combinierte Gruppe constant angenommen werden musste.

Aus sämmtlichen für jede der drei Säuren erhaltenen Werthen von $\log a$ wurden die arithmetischen Mittel genommen, und so gelangte man zu folgenden Zahlen:

für Salzsäure	$\log a = 4,09170$
für Salpetersäure	$\log a = 2,8222$
für Schwefelsäure	$\log a = 2,2243$
für Phosphorsäure	$\log a = 0,41551.$

Unter S ist immer die Menge der wasserfreien Säure in Grammen ausgedrückt zu verstehen. — Indem man sodann

diese Werthe in die verschiedenen Gleichungen $M = ma^{\frac{s}{w}}$ substituirte, erhielt man für jede Versuchsreihe eine der Zahl der Beobachtungen entsprechende von Werthen für m , aus welchen ebenfalls das Mittel genommen wurde. So ergab sich:

für Salzsäure: Versuchsreihe I. $m = 2,118$ $t = 17^{\circ}$

” II. $m = 1,521$ $t = 17^{\circ}$

” III. $m = 1,681$ $t = 16^{\circ}, 5$

” IV. $m = 1,579$ $t = 16^{\circ}, 5$

für Salpetersäure: ” I. $m = 0,9905$ $t = 16^{\circ}$

” II. $m = 0,9905$ $t = 16^{\circ}$

” III. $m = 1,373$ $t = 18^{\circ}, 5$

für Schwefelsäure ” I. $m = 0,7764$ $t = 17^{\circ}$

” II. $m = 0,8508$ $t = 18^{\circ}$

für Phosphorsäure: ” I. $m = 0,1752$ $t = 19^{\circ}, 57$

” II. $m = 0,17103$ $t = 19^{\circ}, 25$.

Die Werthe von m nehmen mit der Temperatur zu, wie sich noch näher aus dem Späteren ergeben wird; übrigens ist auf die hier gefundenen Zahlen in dieser Beziehung kein besonderer Werth zu legen, weil die Temperatur nicht gerade streng constant gehalten wurde, was in diesem Falle nicht nöthig war, wo es nur auf ein Sichgleichbleiben der Temperatureinflüsse für sämmtliche, in ein grosses Gefäß voll Wasser mittlerer Temperatur versenkte Glasröhren, in denen sich die Mischung befand, ankam.

Mit den so bestimmten Werthen von a und m wurde

sodann aus der Formel $\log Z_0 - \log Z = \frac{ma^{\frac{s}{w}}}{w} ST$, Z berechnet. Auch hier konnte, wie leicht ersichtlich, der Bequemlichkeit wegen mit Brigg'schen Logarithmen gerechnet werden. Waren die Constanten mit hinreichender Genauigkeit bestimmt, so mussten, wenn anders die Formel den Vorgang und seine Bedingungen richtig ausspricht, durch diese Rechnung, die unmittelbar aus dem Versuch

mit Hülfe der Gleichung $Z = Z_0 - \frac{Z_0 - D}{1 + \mu}$ gefundenen Werthe wieder erhalten werden. In wie weit dies der Fall sey, wird man aus den Zusammenstellungen für die vier Säuren auf Tabelle V, VI, VII und VIII *) ersehen, wo neben einer Uebersicht der einzelnen Versuchsreihen auch die aus der Beobachtung und aus der Formel berechneten Werthe von Z sich finden. Ich glaube, dass nur wenige Differenzen zwischen Rechnung und Beobachtung die bei diesem Versuch unvermeidliche Fehlergränze überschreiten. Welcher Art die Fehlerquellen seyen und wie gross ihr Einfluss etwa anzunehmen seyn möchte, darüber glaube ich an dieser Stelle einige Bemerkungen einschalten zu müssen. Es können zunächst dabei Fehler unterschieden werden, Fehler des Versuchs und Fehler der Beobachtung. Was die ersteren anbetrifft, so sind etwaige kleine Fehler der Wägung wohl zu vernachlässigen; dagegen ist der Verlust in den Gefäßen, der, da man mit bestimmten, oft sehr kleinen Wassermengen arbeitet, nicht ganz zu vermeiden ist, gewiss von merkbarem Einflus. Am erheblichsten sind die Differenzen, welche durch Temperatur-Verschiedenheiten entstehen können. Erwärmung der Röhre durch die Hand im Augenblick der Mischung suchte ich zwar möglichst zu vermeiden, überhaupt bei allen einzelnen Versuchen jeder Reihe recht gleichmässig zu verfahren; dennoch sind merkbare Störungen und Abweichungen gewiss nicht ausgeblieben, um so mehr, da kleine Temperaturschwankungen schon so grosse Veränderungen im Werth von m hervorbringen, Differenzen von 5° denselben ungefähr verdoppeln.

Der Fehler der Ablesung ist ein doppelter, der sich im ungünstigen Fall addiren kann, der Fehler bei Bestimmung des Nullpunkts und der Fehler der Ablesung selbst. Bisweilen namentlich in den Nachmittagstunden schwankte der Nullpunkt so, dass ich nicht im Stande war zuverlässige Beobachtungen anzustellen. Ich habe vor und nach jeder Ablesung den Nullpunkt genommen, um mich wenig-

*) Am Schlusse der Abhandlung.

stens gegen jeden grösseren Fehler sicher zu stellen. Leider konnte, wegen Mangel eines Nonius, die Ablesung mit meinem Instrument nicht die ganze Schärfe erhalten, deren sie wenigstens in geringen Abständen vom Nullpunkt fähig ist. Eine besondere Fehlerquelle tritt noch bei der Schwefelsäure hinzu durch die Erwärmung beim Mischen mit Wasser. Ich bin zwar in dieser Beziehung mit aller möglichen Vorsicht verfahren; dennoch vermuthe ich, dass diesem Umstande die etwas grösseren Abweichungen bei den Versuchen mit dieser Säure zugeschrieben werden müssen. Nach dem Vorerwähnten glaube ich, dass man einen Fehler von 1° , worin $0^{\circ},5$ auf die Störungen während der Digestion, $0^{\circ},5$ auf die Bestimmung des Nullpunkts und der Ablesung zu rechnen wäre, bei diesen Versuchen wird als möglich annehmen müssen. Bei den zur Bestätigung der Formel:

$$M = \frac{ma}{w} \frac{s}{\bar{s}}$$

angestellten neunzig Beobachtungen beträgt aber für Z die Summe der positiven Differenzen $+ 21^{\circ},4$, die der negativen Differenzen $- 13^{\circ},86$. Um die Abweichung der Ablesung D zu finden muss man noch mit $(1+\mu)$ multipliciren, dann ergiebt sich für etwa acht Fälle ein wenig grösserer Fehler als die oben angenommene Gränze (im Maximum $2^{\circ},25$), und zwar sind dies Fälle, wo die Anwendung einer sehr kleinen Säuremenge und in Folge dessen die Geringfügigkeit der Einwirkung, den relativen Werth einer jeden Ungenauigkeit sehr erhöhen musste. Ueberdiess liegt für solche Versuche bei denen eine grosse Zuckermenge unzersetzt blieb, auch eine erhebliche und unvermeidliche Fehlerquelle in der, während der Ablesung, noch stattfindenden Einwirkung der Säure, welche namentlich von Bedeutung wird, wenn man in Folge ungünstiger atmosphärischer Verhältnisse die Beobachtung auch mit der wünschenswerthen Schnelligkeit ausführen kann.

Bei Betrachtung der Gleichung:

$$\log Z_0 - \log Z = \frac{ma}{w} \frac{sT}{\bar{s}}$$

ergiebt sich, dass mit einer proportionalen Veränderung von S und w für gleiche Z_0 , m und T auch Z unverändert d. h. der Gang der Umwandlung des Zuckers derselbe bleibt; dies bestätigt auch der Versuch, wie sich aus der Zusammenstellung auf Tabelle IX.*)) ergiebt. Zugleich ist dies eine Folge der früher nachgewiesenen Unabhängigkeit der Grösse M von Z . Wurden nämlich in einer Mischung von beliebigem Zucker-, Säure- und Wasser-Gehalt alle drei Bestandtheile auf das n fache vermehrt, so musste offenbar bei unveränderter Temperatur der Gang der Umwandlung unverändert, also auch das Product MS constant bleiben. Wegen der Unabhängigkeit von Z_0 wird dieser constante Werth von MS aber auch fortbestehen, wenn man sich nZ_0 wieder auf Z_0 vermindert denkt.

D. Einfluss der Temperatur.

Im Nachstehenden lasse ich nun eine Zusammenstellung bei verschiedenen Temperaturen angestellter Versuche folgen (Tabelle X*). Es ist leicht begreiflich, dass hier die Unsicherheit der Resultate etwas grösser wird, denn dieselbe Temperatur, oft während langer Zeit, ohne die kleinste Schwankung constant zu erhalten, ist namentlich für Jemand, der ohne Beihilfe arbeitet, nicht immer leicht. Dennoch hoffe ich in dieser Beziehung keinen erheblichen Fehler begangen zu haben; andererseits muss ich mir aber eine Fehlerquelle zum Vorwurf machen, die wohl zu vermeiden gewesen wäre. Als ich meine betreffenden Versuche angestellte, kannte ich nämlich noch nicht das Gesetz des Einflusses der Temperatur auf das Drehungsvermögen des Schleimzuckers, es war daher nöthig die Ablesung jedesmal bei derselben Temperatur — ich wählte 15° — vorzunehmen; deshalb musste die Mischung zuvor auf diese Temperatur erwärmt oder abgekühlt werden. Dazu waren immer einige Minuten erforderlich; während dieser, wenngleich nur kurzen Zeit, fand immer eine Nachwirkung statt, die bisweilen nicht unbedeutend seyn, aber doch nicht in Rechnung genommen werden konnte. Dazu kam noch, dass

*)) Am Schlusse der Abhandlung.

ein Theil der Versuche bei sehr hoher äusserer Temperatur (20—22°) angestellt, die bei 15° in den Apparat gebrachte Flüssigkeit durch diesen erwärmt und so einerseits eine ferne Nachwirkung begünstigt, andererseits auch das Ablesungsresultat verfälscht wurde, indem nun der bei der Berechnung von Z aus D angewendete Coefficient μ nicht mehr der entsprechende war. Aus diesem Grunde halte ich namentlich die Versuchsreihen IV. und VI. für unzulässig und die daraus gefundenen Werthe von m einer etwas höheren Temperatur angehörig; sie sind daher aus der ferneren Berechnung fortzulassen. Behufs dieser Berechnung war aber noch eine Frage experimentell zu beantworten. Ich hatte zwar die Werthe der Constanten a für die vier Säuren bei mittlerer Temperatur bestimmt; es blieb indefs zweifelhaft, ob dieselben der Rechnung für jede höhere oder niedere Temperatur zu Grunde gelegt werden könnte. Leider habe ich zu wenig Versuche angestellt, um diese Fragen genügend entscheiden zu können. Folgendes sind die für die beigesetzten Temperaturgrade gefundenen Werthe:

	Salzsäure.	Salpetersäure.	Schwefelsäure.
91,5 D	$\lg a = 3,711$		
128,5 D		$\lg a = 1,486$	
150 D			$\lg a = 1,386$
162 D		$\lg a = 1,902$	$\lg a = 1,126$
186,5 D	$\lg a = 3,409$		
210 D		$\lg a = 1,7257$	
225 D			$\lg a = 1,607$.

Diese Werthe sind jederzeit nur aus zwei Versuchen berechnet, was, wie sich aus dem Früheren ergiebt, nicht hinreicht um a mit Sicherheit zu finden. Da überdies die beiden verglichenen Versuche, mit Ausnahme der bei 225 D angestellten, immer von gleicher Dauer waren, so mußte der mit der geringeren Säuremenge, wegen der Nachwirkung während des Ablesens stets ein zu großes M geben, wodurch dann a sich immer zu klein berechnete. Dies trat, wie man sieht, auch ein; übrigens ist aber bei

Temperaturen ober und unterhalb 15° eine Ab- oder Zunahme der Werthe von a nicht zu bemerken, ich habe mir daher auch gestatten dürfen, die für die mittlere Temperatur gefundenen a für die ganze Berechnung durchgehend anzuwenden.

Bei letzterer bin ich nun folgendermaßen verfahren. Sucht man mittelst der Formel:

$$lZ_0 - lZ = MST = \frac{\frac{s}{w} \cdot ST}{w}$$

(auf Tabelle XI. am Schlus) das jeder Temperatur zukommende m , so sieht man bald, daß das Gesetz, welches m mit der Temperatur verknüpft, für die vier behandelten Säuren dasselbe ist; darnach muß also das Verhältnis zwischen dem m jeder Temperatur ein constantes seyn. Abweichungen sind Ungenauigkeiten der Versuche zuzuschreiben. Um das Verhältnis dieses Factors der mittleren Umwandlungskoeffizienten für vier Säuren zu bestimmen, wurde also zunächst dessen Werb für jede der 24 bei verschiedenen Temperaturen angestellten Versuchsreihen berechnet, sodann aus allen diesen Werthen das Mittel genommen. Es ergab sich — für Salzsäure $m' = m$ Modul. (da wieder briggische Logarithmen den natürlichen bei der Berechnung substituirt waren) zur Einheit genommen:

$$\begin{aligned} \text{für Salzsäure} \quad m' &= 1 & = P \\ \text{für Salpetersäure} \quad m' &= 0,60222 & = P' \\ \text{für Schwefelsäure} \quad m' &= 0,42169 & = P'' \\ \text{für Phosphorsäure} \quad m' &= 0,072365 & = P''' \end{aligned}$$

Demnach wird also das Gesetz der Abhängigkeit der m von t für jede der vier Säuren durch dieselbe Curve ausgedrückt, nur die zugehörigen Parameter sind verschieden. Dividirt man nun die Reihe der m' für jede Säure durch den entsprechenden Parameter so erhält man Tabelle XII.

Es kam darauf an, die Form einer Function zu ermitteln, welche das Gesetz der in Rede stehenden Curven ausdrückt, dann mittelst der vorliegenden Versuche die Constanten zu bestimmen. Bei der Wahl der Function ließ ich mich durch theoretische Betrachtungen leiten, ein Weg,

der mich zwar, wie ich glaube, zum Ziel geführt hat, ohne dass indessen die Werthe der Constanten, wie sie sich nachher ergaben, mit den Voraussetzungen, von denen ich ausging, vereinbar waren. Die theoretische Bedeutung, welche ich meiner Formel beilegte, ist daher nicht zulässig und die wahre noch zu ermitteln; dennoch will ich den Gang meiner Betrachtungen in der Kürze darlegen, um daran später eine anderweitige Bemerkung zu knüpfen

Man hat bei dem chemischen Procefs, von dem hier die Rede ist, offenbar zweierlei zu unterscheiden, einmal die Grösse der Wirksamkeit, der Energie, und das andere Mal die Grösse der dieser Wirksamkeit proportionalen Wirkung, des Effects. Die Wirksamkeit kann gesteigert, aber gleichzeitig der Effect ihrer Einheit vermindert seyn, dann wird das Resultat der Wirksamkeit nicht proportional vermehrt, ja es kann sogar bei gesteigerter Wirksamkeit vermindert seyn. Es ist sehr wohl denkbar, ja die Annahme vielleicht nicht abzuweisen, dass das Resultat der chemischen Action durch die Temperatur in dieser Weise modifizirt werde; während nämlich die Energie der chemisch wirksamen Substanz der Säure durch Temperaturerhöhung eine Steigerung erfährt, muss in Folge der Ausdehnung und der Zunahme der Moleculabstände der, der Wirksamkeits-Einheit entsprechende Effect vermindert werden. Beides muss in der Formel, um welche es sich hier handelt, Berücksichtigung finden. Zu dem Ende glaubte ich mich der aus dem Früheren sich ergebenden Resultate bedienen zu können. Es fand sich dort der Umwandlungs-Coëfficient bei Vermehrung des Lösungsmittels, also das Volumen diesem umgekehrt proportional, andererseits mit einer Exponential-Grösse multiplicirt, deren Exponent der Concentrationsgrad der Säure war. Es war zu versuchen, ob hier die Berechnung mit einer analogen Formel gelingen würde. Ob das Volum durch Hinzufügen des indifferenten Lösungsmittels oder durch Zufuhr von Wärme vermehrt war, mussto wohl gleichgültig seyn, nur kam es darauf an, das Gesetz zu kennen, nach welchem bei Temperaturerhöhung die Volume zunehmen. Dieses Gesetz ist, wie man weiß, noch

nicht ermittelt; indes erhält man für die Ausdehnung der Flüssigkeiten eine sehr gute Annäherung, wenn man die Abnahme diesen Temperaturzunahmen proportional setzt, also $d_0 : d_1 = 1 : (1 - \alpha t)$. Nach diesen Betrachtungen versuchte ich also m' als Function der Temperatur darzustellen durch die Formel:

$$m' = K \beta^{(t - 91,5)} [1 - \alpha(t - 91,5)]$$

worin K , β und α näher zu bestimmende Constante sind. Zur Bestimmung der Constanten nahm ich die drei Gleichungen:

$$0,1136 = K \beta^{(91,5 - 91,5)} [1 - \alpha(91,5 - 91,5)]$$

oder: $0,1136 = K$

$$4,747 = K \beta^{(161,5 - 91,5)} [1 - \alpha(161,5 - 91,5)]$$

$$164 = K \beta^{(250,5 - 91,5)} [1 - \alpha(250,5 - 91,5)]$$

theils weil sie die Temperaturscale ungefähr gleichmässig theilen, theils weil sie mir durch die gute Uebereinstimmung oder durch die Anzahl der zugehörigen Versuche am Besten beglaubigt schienen. Daraus fand ich:

$$K = 0,1136$$

$$\alpha = 0,0050908.$$

$$\beta = 1,057788 \quad \log \beta = 0,0243989$$

oder wenn man statt der Scalentheile Centesimalgrade einführt:

$$\alpha' = 0,0154709$$

$$\beta' = 1,186173.$$

Der Werth für α war offenbar viel zu gross, um mit meiner theoretischen Ansicht von seiner Bedeutung vereinbar zu seyn; wie man daher die Temperaturformel auszulegen habe, muss ich dahingestellt seyn lassen, nur will ich eines auffallenden Umstandes erwähnen. Die Formel hat die Eigenschaft bis $63^{\circ},61$ zu wachsen, dort ihr Maximum zu erreichen, dann plötzlich bei $64^{\circ},64 = 0$ zu werden und ins Negative überzugehen; damit stimmt auch das Verhalten der Mischung in sofern überein, als die Einwirkung augenscheinlich mehr und mehr steigt, bei 60° etwa, wie auch Biot angiebt, instantan beendigt ist, darüber hinaus in eine, sich durch Bräunung verrathende, Zerstörung

des Zuckers übergeht. Sollte diese Uebereinstimmung zufällig seyn, oder liegt ihr eine tiefere Bedeutung zu Grunde?

Die mittelst der Formel:

$$m' = P \cdot K [1 - \alpha(t - 91,5)] \beta^{(t - 91,5)}$$

und die aus den Beobachtungen mit Hülfe der Gleichung

$$\log Z_0 - \log Z = \frac{m' a^{\frac{s}{w}} \cdot S \cdot T}{w}$$

berechneten Werthe finden sich zusammengestellt auf Tabelle XII. Um indeß übersehen zu können, in wie weit Berechnung und Beobachtung übereinstimmen, war es nöthig auf die eine oder andere Art auch Z zu suchen; dies geschah (auf Tabelle XIII.) aus der Ablesung D mittelst der gewöhnlichen Formel: $Z_0 = Z - \frac{Z_0 - D}{1 + \mu}$, und auf dem Wege der Berechnung, aus den hier vollständig folgenden Formeln, für Salzsäure:

$$\log \left(\frac{Z_0}{Z} \right) = K [1 - (t - 91,5) \alpha] \beta^{(t - 91,5)} \times (12351) \cdot \frac{S \cdot T}{w}$$

für Salpetersäure:

$$\log \left(\frac{Z_0}{Z} \right) = 0,60222 K \beta^{(t - 91,5)} \times [1 - (t - 91,5) \alpha] \times (664,1) \cdot \frac{S \cdot T}{w}$$

für Schwefelsäure:

$$\log \left(\frac{Z_0}{Z} \right) = 0,42169 K [1 - (t - 91,5) \alpha] \beta^{(t - 91,5)} \times (167,6) \cdot \frac{S \cdot T}{w}$$

für Phosphorsäure:

$$\log \left(\frac{Z_0}{Z} \right) = 0,072365 K [1 - (t - 91,5) \alpha] \beta^{(t - 91,5)} \times (2,603) \cdot \frac{S \cdot T}{w}$$

worin K , α und β die vorerwähnten Werthe haben. Um die wahren m aus $m' = m$ Modul. zu finden hat man nur nöthig statt mit K mit $\frac{K}{\text{Modul.}} = \frac{0,1136}{0,4342945} = 0,2615737$ zu multipliciren.

Setzt man $\frac{s}{w} = q$ und führt Centesimalgrade ein, so erhält man zur Berechnung von Z die allgemeine Formel:

$$Z = Z_0 e^{-C(1-\alpha't)\beta^t a^t \cdot q \cdot T}$$

Addirt man endlich noch die positiven und negativen Differenzen zwischen Beobachtung und Berechnung so ergiebt sich für die berechneten 72 Versuche

Summe der positiven Differenzen = $26^{\circ},78$

Summe der negativen Differenzen = $22^{\circ}.$

Nach Aufführung meiner Versuchsresultate habe ich nur noch Weniges hinzuzufügen. Ich muss es den Chemikern überlassen, wenn diese anders meiner Arbeit einige Aufmerksamkeit schenken, zu entscheiden, ob und wie weit die gefundenen Formeln auf andere chemische Vorgänge Anwendung finden; jedenfalls scheinen mir doch alle diejenigen, deren Eintreten man der Wirksamkeit einer katalytischen Kraft zuschreibt, hieher zu gehören. Abzuleiten, welche theoretische Folgerungen sich aus der Form der Gleichung für m ergeben, ist, wie ich glaube, die Aufgabe der Molecular-Physik in ihrem mathematischen Theil; andeuten möchte ich nur, dass sich daraus vielleicht eine Abhängigkeit der chemischen Kraftwirkung von der Entfernung und zwar, da w proportional r^3 , — wenn r den Abstand zwischen Säure und Zuckermolecul bedeutet — eine Abnahme proportional der dritten Potenz dieses Abstandes ergiebt. Dabei muss man dann freilich noch die Annahme machen, dass der Factor a^t , welcher sich ebenfalls mit w verändert, sich nur auf die Energie des wirk samen Moleculs, nicht auf den durch die Einheit der Energie hervorgebrachten Effect beziehen. Welche Bedeutung hat aber jene Exponentialgröfse a^t ? Wirken etwa die Säuremoleküle, gleichsam inducirend, sich gegenseitig zu einer energischeren chemischen Action steigernd auf einander?

Ob auch der Luftdruck von Einfluss auf den hier besprochenen chemischen Proces sey, habe ich bis jetzt noch nicht untersuchen können, ich werde meine Ansicht demnächst in dieser Beziehung vervollständigen.

Tabelle V. Salzsäure $\log a = 4,09170$.

Z _g	S.	w.	T.	D.	I. Säure und Lösungsmittel veränderlich.		Z.		
					$\frac{s}{M=m a \frac{w}{m}=2,118}$	$M=m a \frac{w}{m}=2,118$	Beobachtet.	Berechnet.	Differenz.
18°,75	4×0,242gr	6gr	30'	- 2°	8,7373	9,707	3°,69	3°,08	- 0,61
"	3×0,242	"	1h	+ 2°,5	7,1124	6,788	6,95	7,27	+ 0,32
"	2×0,242	"	"	+ 4°,25	4,323	4,384	8,22	8,27	+ 0,05
"	0,242	"	"	+ 12°,25	3,1174	3,099	14,03	14,05	+ 0,02
"	4×0,242	10	"	+ 0°,25	5,6401	5,279	5,32	5,77	+ 0,45
"	3×0,242	"	"	+ 5°	4,5392	4,202	8,78	9,28	+ 0,50
"	2×0,242	"	2h 10'	+ 4°,75	3,232	3,344	8,58	8,34	- 0,24
"	0,242	"	1h 36'	+ 13°,5	2,513	2,661	14,98	14,78	- 0,20
IV. Lösungsmittel veränderlich $m = 1,579$.									
20°	2×0,242gr	4gr	2°	- 5°,25	4,4166	4,945	1°,7	1°,27	- 0,43
"	"	6	2h 30'	- 2°	3,4282	3,350	4,06	4,29	+ 0,23
"	"	8	3h	+ 0°,75	2,8563	2,795	6,05	6,78	+ 0,73
"	"	10	"	+ 40°	2,5869	2,493	8,41	8,68	+ 0,27
"	"	12	"	+ 6°,5	2,4058	2,310	10,22	9,97	+ 0,25

Temperatur der Digestion und Ableitung $t = 16^{\circ},5$.

Tabelle V. Salzsäure.

II. Säuremenge veränderlich.

Z ₀ .	S.	w.	T.	D.	$M = \frac{ma}{m = 1,521}$.		Berechnet.	Beobachtet.	Berechnet.	Beobachtet.	Berechnet.	Differenz.
					$\frac{s}{m = 1,521}$	$\frac{s}{m = 1,521}$						
39°	4 × 0,202gr	9,612gr	2 ^h	0°	3,301	3,359	10°,86	10°,49	- 0°,37	- 0,11	- 0,36	
"	3,5 × 0,202	9,679	2 ^h	+ 8,5	2,949	3,025	14,47	17,99	- 0,83	17,82	+ 0,76	
"	3 × 0,202	9,746	"	+ 7,75	2,901	2,733	16,45	16,19	- 0,26	16,19	+ 0,13	
"	2,5 × 0,202	9,813	3 ^h	+ 13,5	2,426	2,471	2,236	20,61	- 0,12	20,74	+ 0,12	
"	2 × 0,202	9,880	"	+ 9,5	2,2574	2,045	2,027	17,72	- 0,19	17,84	+ 0,12	
"	1,5 × 0,202	9,947	5 ^h 30'	+ 19	1,809	1,840	24,57	24,38	- 0,19	24,36	+ 0,04	
"	1 × 0,202	10,014	"	+ 19	1,671	30,52	31,36					
"	0,101	10,081	"	+ 27,25	1,936							

III. Säuremenge veränderlich $m = 1,681$.

29°,25	6 × 0,2424	8,158gr	1 ^h	- 9°,75	$M = 1,681$.		9,008	9,097	0°,73	0°,24	- 0,73	- 0,73
					$\frac{s}{m = 1,681}$	$\frac{s}{m = 1,681}$						
"	5,5 ×	"	2 ^h	- 9,25	8,217	7,832	1,33	2,42	2,851	+ 0,43	+ 0,43	
"	5 ×	"	"	- 7,75	7,288	6,809	4,23	4,23	4,734	+ 0,50	+ 0,50	
"	4,5 ×	"	"	- 5,25	6,275	5,920	5,147	5,06	5,08	+ 0,02	+ 0,02	
"	4 ×	"	2 ^h	- 8,25	4,850	4,429	3,51	3,94	3,94	+ 0,43	+ 0,43	
"	3,5 ×	"	"	- 6,25	3,914	3,886	5,87	5,94	5,94	+ 0,07	+ 0,07	
"	3 ×	"	"	- 3	3,217	3,375	2,97	2,92	2,92	+ 0,05	+ 0,05	
"	2,5 ×	"	4 ^h	- 7	2,935	2,936	5,87	5,87	5,87	+ 0,00	+ 0,00	
"	2 ×	"	"	- 3	2,478	2,553	10,58	10,26	10,26	- 0,32	- 0,32	
"	1,5 ×	"	"	+ 3,5	2,202	2,222	8,77	8,48	8,48	- 0,29	- 0,29	
"	1 ×	"	8 ^h	+ 1	2,040	1,932	16,74	17,24	17,24	+ 0,50	+ 0,50	
"	0,5 ×	"	"	+ 12	1,932	1,802	21,82					
"	0,25 ×	"	"	+ 19	2,143							

Tabelle VI. Salpetersäure $\log a = 2,8222$.

I. Säure- und Lösungsmittel veränderlich.		$M = m a \frac{s}{w}$		$M = m a \frac{s}{w}$		$M = m a \frac{s}{w}$		$M = m a \frac{s}{w}$	
Z_{α}	$S.$	$w.$	$T.$	$D.$	Beobachtet.	Berechnet.	Beobachtet.	Berechnet.	Differenz.
18°,75	4. 0,277	6gr	1b 5'	- 0,5	2,906	3,274	4°,94	4°,17	- 0°,77
"	3.	"	"	+ 5	2,168	2,428	8,89	8,11	- 0,78
"	2.	"	"	+ 10	1,9216	1,801	12,48	12,80	+ 0,32
"	1.	"	"	+ 9	1,357	1,336	11,76	11,83	+ 0,07
"	5.	"	3b 15'	+ 9	1,318	1,420	10,86	10,16	- 0,70
"	4.	"	5gr	+ 7,75	2,405	2,428	8,17	8,11	- 0,06
"	3.	"	1b 5'	+ 4	2,347	2,035	5,66	6,64	- 0,98
"	2.	"	2b	+ 0,5	1,838	1,700	13,19	13,54	+ 0,35
"	1.	"	1b 15'	+ 11	1,358	1,420	10,68	10,16	- 0,52
"	2.	"	"	+ 7,5	1,257	1,186	14,45	14,66	+ 0,21
II. Säuremenge veränderlich $w = 0,9905$.		$M = m a \frac{s}{w}$		$M = m a \frac{s}{w}$		$M = m a \frac{s}{w}$		$M = m a \frac{s}{w}$	
36°	4. 0,281	8,091gr	2b	- 2°	2,197	2,176	8°,84	8°,96	+ 0,12
"	3,5.	"	"	+ 2,5	1,952	1,934	12,08	12,20	+ 0,12
"	3.	"	"	+ 7	1,789	1,772	15,27	15,39	+ 0,12
"	2,5.	"	"	+ 11,75	1,644	1,628	18,67	18,79	+ 0,12
"	2.	"	"	+ 6	1,416	1,403	14,56	14,68	+ 0,12
"	1,5.	"	"	+ 13,25	1,253	1,241	19,74	19,85	+ 0,11
"	1.	"	"	+ 20,5	1,151	1,140	24,92	25,00	+ 0,08
"	0,5.	"	"	+ 27,75	1,120	1,109	30,1	30,15	+ 0,05

Tabelle VI. Salpetersäure.

III. Säuremenge veränderlich.						$M = \frac{m_a}{m} \frac{s}{s^*}$ $m = 1,373$	Beobachtet.	Berechnet.	Differenz.
Z_0 .	S .	w .	T .	D .	Beobachtet.				
38°	6. 0,2778°	10gr	1b	- 1°,75	3,7746	4,144	8°,84	7°,78	- 1°,06
"	5,5.	"	"	+ 1	3,581	3,779	10,85	10,12	- 0,73
"	5,5.	"	"	+ 3,25	3,484	3,447	12,51	12,66	+ 0,15
"	4,5.	"	"	+ 6,5	3,263	3,144	14,89	15,41	+ 0,52
"	4.	"	"	+ 7	3,213	3,057	15,26	15,97	+ 0,71
"	3,5.	"	"	+ 12,5	2,731	2,706	19,29	19,13	- 0,16
"	3.	"	"	+ 3	2,541	2,502	12,32	12,28	- 0,04
"	2,5.	"	"	+ 9	2,315	2,264	16,72	17,03	+ 0,31
"	2.	"	"	+ 19	1,921	2,048	24,13	24,58	+ 0,45
"	1,5.	"	"	1b 40'					
"	1.	"	"	5b	+ 5,5	1,857	1,853	14,16	+ 0,02
"	0,5.	"	"	+ 13,75	1,784	1,676	20,21	20,97	+ 0,76
"			"	+ 25,5	1,558	1,517	28,83	29,04	+ 0,21

Temperatur der Ablesung 22°,5.

Tabelle VII. Schwefelsäure $\log a = 2,2243$.

Z ₀	S.	w.	T	D.	$M = ma^{\frac{s}{m}}$		Z.	
					$M = ma^{\frac{s}{m}}$	$m = 0,7764$	Beobachtet.	Berechnet.
I. Säure- und Lösungsmittel veränderlich.								
25°,13	4 . 0,78gr	6gr	30'	- 11°,5	9,212	11,12	0°,13	- 0°,09
20	3 .	2	2	- 7,75	5,222	5,722	2,7	- 0,54
20	2 .	2	2	- 3,5	4,242	3,838	6,13	+ 0,96
20	1 .	2	2	+ 13	2,643	2,573	12,46	+ 1,6
20	4 .	2	2	- 3	3,014	2,940	5,78	- 0,94
20	3 .	2	2	- 6	1,677	1,726	8,43	- 0,29
20	2 .	2	2	+ 0,25	1,597	1,511	17,44	+ 0,46
20	1 .	2	2	+ 13,5	1,282	1,158	17,79	+ 0,77
II. Säuremenge veränderlich, $m = 0,8508$. (Ableseung bei 19° und 20°).								
38°	4,5 . 0,78gr	8gr	30'	- 13°,5	6,836	8,067	1,21	- 0°,56
20	4 .	2	2	- 11,5	5,939	6,283	2,64	- 0,38
20	3,5 .	2	2	- 8,5	5,271	4,894	4,79	+ 0,77
20	3 .	2	2	- 0,5	3,819	3,811	10,5	+ 0,02
20	2 .	2	2	- 7,5	2,153	2,312	5,5	- 0,73
20	1,5 .	2	2	+ 1,5	1,720	1,801	11,93	- 0,63
20	1 .	2	2	0	1,359	1,403	10,86	- 0,06
20	0,5 .	2	2	+ 16	1,188	1,092	22,29	+ 0,98
20	0,25 .	2	2	+ 25,75	1,166	0,964	29,25	+ 1,35

33 *

Tabelle VIII. Phosphorsäure $\log a = 0,41551$.

Z.	S.	w.	T.	D.	M = $\frac{ma}{w}$			Berechnet.	Berechnet.	Differenz.
					$m = 0,1752$	$m = 0,1752$	$m = 0,1752$			
I. Säuremenge veränderlich. (Ableitung bei 21°5.)										
36°,5	6 . 0,2955gr	10gr	9b	+ 9°25	0,2043	0,2076	17°23	17°42	- 0,92	
"	5 . " "	"	"	+ 12,5	0,2039	0,2018	19,53	19,66	+ 0,13	
"	4 . "	9gr	"	+ 15	0,1979	0,1987	21,3	21,25	- 0,05	
"	3 . "	"	"	+ 19,5	0,1957	0,1925	24,48	24,64	+ 0,16	
"	2 . "	8gr	"	+ 23,75	0,1854	0,1881	27,48	27,38	- 0,10	
"	1 . "	"	"	+ 29,75	0,1829	0,1815	31,73	31,76	+ 0,03	
II. Säuremenge veränderlich. (Ableitung bei 22°) $m = 0,17103$.										
36°,5	6 . 0,2955	10,1465gr	11b	+ 6°	0,20245	0,20215	14°,9	14°,92	+ 0°,02	
"	4,5 . "	"	"	+ 12	0,19403	0,19387	19,17	19,18	+ 0,01	
"	3 . "	"	"	+ 18	0,2009	0,18593	23,4	24,19	+ 0,79	

Tabelle IX.

Säure und Lösungsmittel proportional veränderlich:

a) Salzsäure.

Z_0	$S.$	$w.$	$T.$	$D.$	$M = ma \frac{S}{w}$
19°	0,5 . 0,242gr	3gr	4h 30'	39,5	2,145
20	1.	6	"	3	2,259
20	1,5.	9	"	3	2,259
20	2.	12	"	3,5	2,145
20	"	"	"	"	"

b) Schwefelsäure.

	12gr	2b 30'	- 0°5	1,743
17°,5	2 . 0,78gr	"	"	1,393
20	1,5.	9	+ 0,5	1,471
20	1.	6	+ 1	1,317
20	0,5.	3	+ 2	"
20	"	"	"	"

c) Salpetersäure.

	2,768gr	8h	+ 3°	1,0575
19°,5	0,5 . 0,281gr	"	"	1,1676
20	0,75.	4,162	+ 2	1,1676
20	"	5,536	+ 2	"
20	1.	"	"	"
20	1,5.	8,304	+ 2	1,1676
36	2,5.	8,012	6	1,560
27	2.	6,410	"	1,625
18	1,5.	4,807	- 6,5	1,705
9	1.	3,205	- 4	"
9	"	"	- 2	1,705

Tabelle X.

I. Versuchsreihe. Temperatur d. Digestion = 91,5 D.
Temperatur d. Ablesung = 15° C.

Name d. Säure.	Z ₀ .	S.	w.	T.	D.	Name d. Säure.	Z ₀ .	S.	w.	T.	D.
Salzsäure	38°	0,521 gr	8130	13h 20'	+ 19°,5	Salzsäure	39°	0,677 gr	9,700 gr	17h	14°,5
"	"	0,261	8130	13h 20'	+ 30	Salpetersäure	"	1,005	9,520	"	15°,5
Salpetersäure	"	0,859	"	"	+ 20	Schwefelsäure	"	1,560	9,370	"	11°,5
Schwefelsäure	"	"	"	"	+ 22,5	Phosphorsäure	"	1,389	9,380	"	34°,75

II. Versuchsreihe. Temperatur d. Digestion = 91,5 D.
Temperatur d. Ablesung = 15° C.

III. Versuchsreihe. Temperatur d. Digestion = 91,5 D. Temperatur d. Ablesung = 15° C.	IV. Versuchsreihe. Temperatur d. Digestion = 103 D. Temperatur d. Ablesung = 15° C.
Salzsäure	37°,25 0,677 gr 9,860 7h 30'
Salpetersäure	" 1,005 9,683 26°,25
Schwefelsäure	" 1,560 9,531 27,75
Phosphorsäure	" 1,389 9,540 22,75
	" " " 34°,75

V. Versuchsreihe. Temperatur d. Digestion = 106 D.
Temperatur d. Ablesung = 15° C.

VI. Versuchsreihe. Temperatur d. Digestion = 106 D. Temperatur d. Ablesung = 15° C.	VII. Versuchsreihe. Temperatur d. Digestion = 116 D. Temperatur d. Ablesung = 15° C.
Salzsäure	39° 0,677 gr 9,700 9h 25'
Salpetersäure	" 1,005 9,520 9h 40'
Schwefelsäure	" 1,560 9,370 + 12
Phosphorsäure	" 1,389 9,380 + 6,5
	" " " + 32

VII. Versuchsreihe. Temperatur d. Digestion = 120,5 D.
Temperatur d. Ablesung = 15 C.

Name d. Säure.	Z ₀ .	S.	w.	T.	D.	Name d. Säure.	Z ₀ .	S.	w.	T.	D.
Salzsäure	37°,25	0,3396	10,08	12 ^b	+ 12°	Salzsäure	39°	0,521gr	8gr	12 ^b 30'	- 10°
Salpetersäure	"	0,5025	10	"	+ 14,25	Salpetersäure	"	0,859	"	"	- 5,75
Schwefelsäure	0,78	9,920	"	"	+ 9,25	"	"	0,430	"	+ 11	
Phosphorsäure	"	1,389	9,540	"	29	Schwefelsäure	"	1,0	"	"	- 9,5

VIII. Versuchsreihe. Temperatur d. Digestion = 128,5 D.
Temperatur d. Ablesung = 15° C.

Name d. Säure.	Z ₀ .	S.	w.	T.	D.	Name d. Säure.	Z ₀ .	S.	w.	T.	D.
Salzsäure	37°,25	0,3396	10,08	12 ^b	+ 12°	Salzsäure	39°	0,521gr	8gr	12 ^b 30'	- 10°
Salpetersäure	"	0,5025	10	"	+ 14,25	Salpetersäure	"	0,859	"	"	- 5,75
Schwefelsäure	0,78	9,920	"	"	+ 9,25	"	"	0,430	"	+ 11	
Phosphorsäure	"	1,389	9,540	"	29	Schwefelsäure	"	1,0	"	"	- 9,5

X. Versuchsreihe. Temperatur d. Digestion = 136 D.
Temperatur d. Ablesung = 15° C.

Name d. Säure.	Z ₀ .	S.	w.	T.	D.	Name d. Säure.	Z ₀ .	S.	w.	T.	D.
Salzsäure	37°,25	0,677gr	9,860	4 ^b 35'	- 3°	Salzsäure	39°	0,3386gr	9,921gr	7 ^b	+ 9,5
Salpetersäure	"	1,005	9,683	"	- 2,5	Salpetersäure	"	0,5025	9,833	"	+ 8
Schwefelsäure	"	1,560	9,531	"	- 7	Schwefelsäure	"	0,78	9,757	"	+ 3,5
Phosphorsäure	"	1,389	9,540	"	+ 30	Phosphorsäure	"	1,389	9,377	"	+ 27,5

XI. Versuchsreihe. Temperatur d. Digestion = 144 D.
Temperatur d. Ablesung = 18°,5 C.

Name d. Säure.	Z ₀ .	S.	w.	T.	D.	Name d. Säure.	Z ₀ .	S.	w.	T.	D.
Salzsäure	38°	0,520gr	8gr	5 ^b	- 8°,5	Salzsäure	37°,5	0,521gr	8gr	2 ^b	- 0°,5
Salpetersäure	"	0,859	"	"	- 9,5	Salpetersäure	"	0,859	"	"	- 0,5
Schwefelsäure	1	"	"	"	- 7,5	Schwefelsäure	"	1	"	"	+ 3
Phosphorsäure	"	1,182	"	"	+ 27	"	"	0,5	"	"	+ 19

XII. Versuchsreihe. Temperatur d. Digestion = 155 D.
Temperatur d. Ablesung = 15° C.

XIII. Versuchsreihe. Temperatur d. Digestion = 151 D. Temperatur d. Ableitung = 15° C.

Name d. Säure.	Z ₀ .	S.	w.	T.	D.	Name d. Säure.	Z ₀ .	S.	w.	T.	D.
Salzsäure	39°	0,339gr	9,921gr	2h	16°,75	Salzsäure	37°,5	0,521gr	9gr	2h	- 7°,25
Salpetersäure	"	0,503	9,833	"	18	Salpetersäure	"	0,859	"	"	- 7°,75
Schwefelsäure	"	0,78	9,757	"	15°,25	Schwefelsäure	"	0,43	"	"	+ 8°,5

XIV. Versuchsreihe. Temperatur d. Digestion = 162 D. Temperatur d. Ableitung = 15° C.

Name d. Säure.	Z ₀ .	S.	w.	T.	D.	Name d. Säure.	Z ₀ .	S.	w.	T.	D.
Salzsäure	39°	0,339gr	9,921gr	2h	16°,75	Salzsäure	37°,5	0,521gr	9gr	2h	- 7°,25
Salpetersäure	"	0,503	9,833	"	18	Salpetersäure	"	0,859	"	"	- 7°,75
Schwefelsäure	"	0,78	9,757	"	15°,25	Schwefelsäure	"	0,43	"	"	+ 8°,5

XV. Versuchsreihe. Temperatur d. Digestion = 166,5 D. Temperatur d. Ableitung = 15° C.

Name d. Säure.	Z ₀ .	S.	w.	T.	D.	Name d. Säure.	Z ₀ .	S.	w.	T.	D.
Salzsäure	39°	0,339gr	9,921gr	2h	+ 4°,25	Salzsäure	39°	0,339gr	9,921gr	1h	+ 3°
Salpetersäure	"	0,503	9,833	"	+ 6	Salpetersäure	"	0,503	9,833	"	+ 3,75
Schwefelsäure	"	0,78	9,757	"	+ 1,75	Schwefelsäure	"	0,78	9,757	"	- 1,25

XVI. Versuchsreihe. Temperatur d. Digestion = 182 D. Temperatur d. Ableitung = 15° C.

Name d. Säure.	Z ₀ .	S.	w.	T.	D.	Name d. Säure.	Z ₀ .	S.	w.	T.	D.
Salzsäure	39°	0,339gr	9,921gr	2h	+ 4°,25	Salzsäure	39°	0,339gr	9,921gr	1h	+ 3°
Salpetersäure	"	0,503	9,833	"	+ 1,75	Salpetersäure	"	0,503	9,833	"	+ 3,75
Schwefelsäure	"	0,78	9,757	"	+ 25,5	Schwefelsäure	"	0,78	9,757	"	- 1,25

XVII. Versuchsreihe. Temperatur d. Digestion = 186,5 D. Temperatur d. Ableitung = 15° C.

Name d. Säure.	Z ₀ .	S.	w.	T.	D.	Name d. Säure.	Z ₀ .	S.	w.	T.	D.
Salzsäure	37°,5	0,521gr	8gr	1h	- 12°	Salzsäure	37°,5	0,521gr	9gr	30'	- 8°,25
Salpetersäure	"	0,859	"	"	- 11,25	Salpetersäure	"	0,859	"	"	- 9,5
Salzsäure	"	0,26	"	"	+ 1,25	Salzsäure	"	1	"	"	- 6

XVIII. Versuchsreihe. Temperatur d. Digestion = 195 D. Temperatur d. Ableitung = 15° C.

Name d. Säure.	Z ₀ .	S.	w.	T.	D.	Name d. Säure.	Z ₀ .	S.	w.	T.	D.
Salzsäure	37°,5	0,521gr	8gr	1h	- 12°	Salzsäure	37°,5	0,521gr	9gr	30'	- 8°,25
Salpetersäure	"	0,859	"	"	- 11,25	Salpetersäure	"	0,859	"	"	- 9,5
Salzsäure	"	0,26	"	"	+ 1,25	Salzsäure	"	1	"	"	- 6

XIX. Versuchsreihe. Temperatur d. Digestion = 197 D. Temperatur d. Ableitung = 15° C.

Name d. Säure.	Z ₀ .	S.	w.	T.	D.	Name d. Säure.	Z ₀ .	S.	w.	T.	D.	
Salzsäure	39°	0,339gr	9,921gr	30'	+	3°,25	Salzsäure	37°,5	0,521gr	9gr	15'	- 8°
Salpetersäure	"	0,503	9,833	"	+	5	Salpetersäure	"	0,859	"	"	- 9,25
Schweifelsäure	"	0,78	9,757	"	+	1°,25	"	"	0,43	"	"	+ 6
Phosphorsäure	"	0,389	9,377	"	+	25,75	Schweifelsäure	"	1	"	"	- 5,75

XX. Versuchsreihe. Temperatur d. Digestion = 210 D. Temperatur d. Ableitung = 15° C.

Salzsäure	39°	0,339gr	9,921gr	30'	-	6°,25	Salzsäure	37°,5	0,521gr	9gr	12'	- 12°
Salpetersäure	"	0,503	9,833	"	-	6°,25	Salpetersäure	"	0,859	"	15	- 11°
Schweifelsäure	"	0,782	9,757	"	-	7°,75	Schweifelsäure	"	1	"	12	- 10
Phosphorsäure	"	1,389	9,377	"	-	17,75	"	"	0,5	"	24	- 7

XXI. Versuchsreihe. Temperatur d. Digestion = 212 D. Temperatur d. Ableitung = 15° C.

Salzsäure	39°	0,339gr	9,921gr	30'	-	6°,25	Salzsäure	37°,5	0,521gr	9gr	12'	- 12°
Salpetersäure	"	0,503	9,833	"	-	6°,25	Salpetersäure	"	0,859	"	15	- 11°
Schweifelsäure	"	0,782	9,757	"	-	7°,75	Schweifelsäure	"	1	"	12	- 10
Phosphorsäure	"	1,389	9,377	"	-	17,75	"	"	0,5	"	24	- 7

XXII. Versuchsreihe. Temperatur d. Digestion = 225 D. Temperatur d. Ableitung = 15° C.

Salzsäure	39°	0,339gr	9,921gr	30'	-	2°,5	Salzsäure	37°,5	0,261gr	9gr	10'	- 9,75
Salpetersäure	"	0,39	9,952	"	-	4	Salpetersäure	"	0,43	"	12	- 12,25
Schweifelsäure	"	0,695	9,762	"	-	20	Schweifelsäure	"	0,5	"	10	- 7,75
Phosphorsäure	"	"	"	"	-	"	"	"	"	"	"	"

Tabelle XI.

Werthe von $m' = m$ Modul. Berechnet aus: $\log Z_0 - \log Z = \frac{s}{w} \cdot \frac{S \cdot T}{w}$.

Scalentheile des Thermometers.	Salzsäure.	Salpetersäure.	Schwefelsäure.	Phosphorsäure.
91,5	0,11397 { 0,1219 a) { 0,1253 b)	0,06747 0,065024	0,04459 0,04782	0,01164 0,01635
103	0,10588	0,05899	0,04875	
106	0,26806	0,1657	0,12447	
116	0,2483	0,1463	0,1009	0,03473
120,5	0,4902 0,5275	0,28722 0,3026	0,2294 0,2307	0,03585
128,5	0,6836	{ 0,28772 a) { 0,34088 b)	0,30186	
136	1,094	0,77611	0,44483	0,08165
136,5	1,040	0,7315	0,5244	0,08263
144	1,618	0,9451	0,6975	0,1154
150	2,3768	1,294	{ 0,950 a) { 1,0718 b)	0,17103
151	2,4445	1,4814	1,0068	0,1752
162	4,2744	{ 2,4262 a) { 2,6842 b)	{ 1,6586 a) { 1,9085 b)	
166,5	4,744	2,831	2	0,3473
182	10,123	6,3302	4,6466	0,6647
186,5	{ 10,999 a) { 11,571 b)	5,332	4,457	

Werte von $m' = m$ Modul. Berechnet aus: $\log Z_0 - \log Z = \frac{s}{w} \cdot ST$.

Scalenheile des Thermometers.	Salzsäure.	Salpetersäure.	Schwefelsäure.	Phosphorsäure.
195	18,404	11,096	7,447	
197	20,071	11,899	8,013	1,3903
210	32,762	{ 21,72 a) 24,50 b)	14,675	
212	33,619	21,632	13,273	2,3994
225	65,94	26,66	{ 24,30	
226		41,909	26,30	4,671
250,5	163,93	98,886	26,927	
			66,175	

Tabelle XII.

Abtheilungen der Scale.	Centesimal-grade.	$\frac{m'}{P}$ Salzsäure $P = 1$.	$\frac{m''}{P''}$ Salpetersäure $P'' = 0,60222$.	$\frac{m'''}{P'''}$ Schwefelsäure $P''' = 0,42169$.	Berechnet nach der Formel: $m' = K[1 - \alpha(t - 91,5)]\beta(t - 91,5)$ $\alpha = 0,0050909$ $\beta = 1,057788$.
91,5	0°	{ 0,1219 a) 0,1253 b)	0,11204	0,11561	
103	3°,78	{ 0,1059 0,11397 0,26806	0,10797 0,09463 0,27515	0,11340 0,10574 0,29517	0,1136

Berechnet nach der Formel:
 $m' = K[1 - \alpha(\ell - 91,5)]\beta(\ell - 91,5)$
 $K = 0,0050908$
 $\alpha = 0,057788$
 $\beta = 1,057788$

Abtheilungen der Scale.	Centesimal-grade.	$\frac{m'}{P}$ Salzsäure $P=1.$	$\frac{m'}{P'}$ Salpetersäure $P=0,666222.$	$\frac{m'}{P''}$ Schwefelsäure $P''=0,42169.$	$\frac{m'}{P''}$ Phosphorsäure $P'''=0,072365$	Berechnet nach der Formel: $m' = K[1 - \alpha(\ell - 91,5)]\beta(\ell - 91,5)$ $K = 0,0050908$ $\alpha = 0,057788$ $\beta = 1,057788$
						$\frac{m'}{P}$ Salzsäure $P=1.$
106	4°,77	0,2483	0,24293	0,23928	0,2376	0,2376
116	8,06	0,4902	0,4686	0,54440	0,4938	0,4938
120,5	9,54	0,5275	0,50247	0,54708	0,7371	0,7371
128,5	12,17	0,6836	0,56604	0,71581	1,1283	1,0704
136	14,64	1,094	1,2887	1,0631	1,4118	1,0973
136,5	14,81	1,040	1,2147	1,2436	1,5947	1,5895
144	17,27	1,618	1,5694	1,6541	2,2529 a)	2,1339
150	19,25	2,3768	2,1489	2,2529 a)	2,3634	2,3634
151	19,37	2,4445	2,4589	2,5417 b)	2,3875	2,2408
162	23,19	4,2744	{ 4,0288 a) 4,4572 b)	2,3875 3,933 a)	2,421	2,421
166,5	24,68	4,744	4,7006	4,5257 b)	4,7992	3,8232
182	29,78	10,123	10,512	4,7428	9,1854	9,8922
186,5	31,26	{ 10,99 a) 11,57 b)	8,8549	11,019	12,197	12,197
195	34,06	18,404	18,408	10,569	18,018	18,018
197	34,71	20,071	19,759	17,660 19,002	18,798	19,723
210	39	32,762	{ 36,067 a) 40,683 b)	34,801	35,09	35,09
212	39,65	33,619	35,917	31,476 { 57,625 a) 62,368 b)	38,253	38,253
225	43,92	65,94		63,855	65,812	65,812
226	44,26		68,586	64,548	68,510	68,510
250,5	51,99	163,93	164,20	156,93	164,00	164,00

Tabelle XIII.

Salzsäure Z.		Salpetersäure Z.		Schwefelsäure Z.		Phosphorsäure Z.		
Beobacht.	Berechn.	Differenz.	Beobacht.	Berechn.	Differenz.	Beobacht.	Berechn.	
91,5	{ 24°,65 32,23	+ 0,74 + 0,5	25°,39 32,73	+ 0,62 + 0,5	25°,75 20,23	+ 0,62 + 0,53	27°,11 16,20	- 0,01 + 0,09
106	18,80	19,40	+ 0,6	19,7	19,76	- 1,05	17,6	+ 0
120,5	19,03	18,70	- 0,33	20,81	15,31	- 3,68	4,97	31°,55
128,5	3,65	3,03	- 0,62	18,99	9,00	+ 0,16	4,66	- 0,31
136	8,21	8,17	- 0,04	8,84	8,27	+ 1,43	5,85	- 0,35
136,5	17,72	16,96	- 0,76	16,84	14,09	- 1,76	15,85	+ 1,76
144	4,06	4,22	+ 0,16	3,63	3,51	- 0,12	5,66	+ 0,44
150	10,08	11,53	+ 1,45	10,34	10,45	+ 0,11	24,52	+ 1,73
151	22,95	23,99	+ 1,04	23,99	25,03	+ 1,04	13,46	14,04
162	5,22	6,43	+ 1,21	{ 8,38 19,6	{ 9,36 21,68	{ 0,98 + 2,08	22,34 16,77	+ 0,58 + 0,75
166,5	13,93	13,93	+ 0	15,41	15,27	+ 0,14	5,71	+ 0,55
182	13,03	13,36	+ 0,33	13,81	14,68	- 0,87	12,86	+ 1,99
186,5	{ 1,79 11,35	1,28 10,85	- 0,49 - 0,5				10,75	- 0,01
							12,24	+ 1,49
							3,29	30,04
							2,21	- 1,08

Selenthermometer Lug des Z.	Salzsäure			Salpeteräure			Schwefelsäure			Phosphorsäure		
	Beobacht.	Berechn.	Differenz.	Beobacht.	Berechn.	Differenz.	Beobacht.	Berechn.	Differenz.	Beobacht.	Berechn.	Differenz.
195	4°,49	4°,99	+ 0,2	3°,91	4°,1	+ 0,19	7°,15	6°,74	- 0,41	29°,47	29°,86	- 0,39
197	13,21	13,46	+ 0,25	14,7	14,61	- 0,09	12,51	12,30	- 0,21	29°,47	29°,86	- 0,39
210	5,39	4,96	- 0,43	4,08	4,28	+ 0,2	7,15	7,05	- 0,1	24,35	22,65	- 1,7
212	6,3	4,94	- 1,36	14,98	16,92	+ 1,94	6,19	4,17	- 2,02	24,35	22,65	- 1,7
225	1,79	1,80	+ 0,01	6,6	5,9	- 0,7	4,17	3,05	- 1,12	24,35	22,65	- 1,7
226				9,34	9,55	+ 0,21	6,27	5,68	- 0,59	24,35	22,65	- 1,7
250,5	3,41	3,41	+ 0	1,94	1,95	+ 0,01	5,75	5,28	- 0,47	25,9	25,26	- 0,64

III. *Ueber das molekulare Drehungsvermögen der Substanzen; von Ludwig Wilhelmy in Heidelberg.*

Bei einer Arbeit über das optische Verhalten der chemischen Verbindungen kam es mir, von der Ansicht ausgehend, dass die Fähigkeit die Polarisationsebene des Lichts zu drehen, den Moleculen selbst einwohne, darauf an, zu ermitteln, in welchem Verhältnis das Drehungsvermögen qualitativ verschiedener Molecule zu einander stehe. Es schien mir, als werde diese Aufgabe nach der von Biot vorgeschlagenen Methode der Berechnung nicht auf dem kürzesten Wege gelöst, da man biernach das Drehungsvermögen einer Schicht der wirksamen Substanz von 1^{mm} Dicke im Zustand einer hypothetischen Dichte = 1 bestimmt. Die Anzahl der Molecule in der, auf die Dichte 1 reducirten Volumeinheit verschiedener Substanzen ist aber nicht gleich, sondern proportional $\frac{1}{a}$, — worin a das entsprechende Atomgewicht — es mussten daher die von Hrn. Biot gefundenen Zahlen noch mit a multiplizirt werden, um die gewünschten vergleichbaren Zahlen zu erhalten.

Man weiss aber auch, dass das Drehungsvermögen eines Moleculs mehr oder weniger veränderlich ist mit der Temperatur und mit der chemischen Einwirkung des Lösungsmittels; es wird daher eine Vergleichung des molekularen Drehungsvermögens ebenso wenig feststehende Werthe ergeben, als etwa eine specifische Gewichtsbestimmung bei der man keine Normaltemperatur zu Grunde gelegt hätte. Will man also eine derartige Vergleichung anstellen, so muss man zuvor alle Molecule in identische Verhältnisse versetzen. Vertheilt man so den Atomgewichten proportionale Mengen, bei gleicher Temperatur, durch ein möglichst indifferentes Lösungsmittel auf gleiche Räume, so werden die durch derartige Lösungen erhaltenen Drehungen unmittelbar das gegenseitige Verhältnis der molekularen Drehungsvermögen angeben.

Um zu einer allgemeinen Uebereinstimmung zu gelangen, würde man sich darüber zu einigen haben, welche Temperatur und welcher Grad der Vertheilung im Raum als normal zu betrachten sey. Ich habe in meinen, leider sehr unvollkommenen Versuchen, als solche 15° C. und den Inhalt meiner Glasröhre angenommen, welche in genannter Temperatur, bei 150^{mm} Länge, 13,850 Grm. destillirtes Wasser fasst.

Obige Entwicklung liefs sich in folgender Art leicht algebraisch darstellen.

Ohne Beweis ist klar, dass die Drehung d , welche eine Flüssigkeitssäule von der Länge l , vom Volum $V=2r\pi.l$, hervorbringt, gleich ist dem Produkt aus der Anzahl N , der vorhandenen wirksamen Molecule in das Drehungs-Vermögen D , jedes einzelnen, dividirt durch den Querschnitt ($2r\pi$). Vergleicht man also zwei verschiedene Substanzen in verschiedenen Apparaten, so erhält man:

$$d : d' = \frac{ND}{2r\pi} : \frac{N'D'}{2r'\pi},$$

oder wenn man der Einfachheit wegen $r = r'$, also Röhren gleichen Querschnitts wählt:

$$d : d' = ND : N'D'.$$

Nun ist aber $N = n \cdot v = n \cdot \frac{p}{s}$, worin v , p , s Volum, absolutes und specisches Gewicht der wirksamen Substanz bedeuten, n die Anzahl der Molecule in der Volumeinheit; andererseits kann man für n setzen $\frac{s}{a}$, worin a die Atomzahl, demnach verwandelt sich die obige Proportion in:

$$d : d' = \frac{Dp}{a} : \frac{D'p'}{a'} \text{ oder: 1) } D : D' = \frac{ad}{p} : \frac{a'd'}{p'}$$

für $a = a'$ wird daraus: 2) $D : D' = \frac{d}{p} : \frac{d'}{p'}$, eine Formel, deren man sich bedienen kann, um das molekulare Drehungsvermögen derselben Substanz in verschiedenen Temperaturverhältnissen und chemischen Zuständen der Auflösung und Verbindung zu bestimmen. Wählt man p und p' so, dass $\frac{a}{p} = \frac{a'}{p'}$ so hat man 3) $D : D' = d : d'$; dann giebt

also

also das Verhältniss der abgelesenen Drehungen genau das Verhältniss der Drehungsvermögen in den zum Vergleichungspunkte gewählten Normalzuständen.

Um den Zusammenhang dieser Formeln mit denen des Hrn. Biot zu zeigen, gehe ich auf die obige: $d = \frac{ND}{2r\pi}$ zurück; für $2r\pi$ kann man setzen $\frac{V}{l} = \frac{P}{\sigma \cdot l}$, worin P das absolute, σ das specifische Gewicht der Auflösung für N , wie oben gezeigt: $nv = \frac{P}{a}$ mithin:

$$d = \frac{p D l \sigma}{P a}, \frac{D}{a} = \frac{d}{\epsilon \cdot \sigma \cdot l} \text{ worin } \epsilon = \frac{p}{P}.$$

Dies ist die Formel, welche Hr. Biot anwendet, darnach die von ihm mit (α) bezeichnete Größe $= \frac{D}{a}$, $D = a \cdot (\alpha)$, wie oben bereits erwähnt wurde.

Die Löslichkeits-Verhältnisse, so wie Mangel an Substanz haben es mir nicht immer gestattet, den Atomgewichten proportionale Mengen für die Beobachtung zu wählen. In solchen Fällen habe ich mich der Formel 1) zur Berechnung bedient, welche freilich nur unter der Voraussetzung ein in die allgemeine Reihe passendes Resultat giebt, dass das molecularare Drehungsvermögen der untersuchten Substanz von der veränderlichen Menge des Lösungsmittels wenig oder gar nicht abhängig sey. Die Unzulässigkeit dieser Annahme für Weinstinsäure ist durch Hrn. Biot erwiesen; für die meisten Substanzen scheint sie, wenigstens in den hier in Rede stehenden Gränzen, gemacht werden zu dürfen. Die nahe Uebereinstimmung meiner Beobachtungen mit denen des Hrn. Biot ergiebt sich aus folgenden Zahlen:

für Zucker: $\frac{Dr}{a} = (\alpha)_r = 0,552$ (Biot) (für rothes Licht).

$$1) \frac{Dr}{a} = 0,545 \quad \left. \begin{array}{l} \text{aus meinen Versuchen} \\ \text{nach der Formel: } \frac{Dr}{a} = \frac{d^r}{\epsilon \cdot \sigma \cdot l} \end{array} \right\}$$

$$2) \frac{Dr}{a} = 0,553 \quad \left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\}$$

$$3) \frac{Dr}{a} = 0,545 \quad \left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\}$$

das Mittel: $m = \underline{\underline{0,548}}$.

Die kleine Differenz hat wahrscheinlich ihren Grund in der geringen Reinheit des von mir angewandten Zuckers. Um eine Grundlage für die Vergleichung zu gewinnen, habe ich das molekulare Drehungsvermögen des Zuckers = 100 gesetzt und darauf alle anderen Körper bezogen. Die so erhaltenen Werthe finden sich auf der beigegebenen Tabelle zusammengestellt.

Außerdem habe ich noch eine Reihe von Beobachtungen mit ätherischen Oelen angestellt. Die gefundenen Resultate stimmen im Wesentlichen mit den Biot'schen überein; auch scheint mir ihre Mittheilung schon deshalb ohne Interesse, weil die Zusammensetzung der Oele oder vielmehr der Oelgemische, mit denen man arbeitet, so sehr schwankend ist, und daher stets von einander abweichende Drehungswerte erhalten werden. Ich will daher nur folgende Beobachtungen als neu anführen:

<i>Ol. Succini albiss.</i>	150 ^{mm}	— 12°	weiss. Licht
<i>Ol. Ricini</i>	-	+ 6°	weiss. Licht
<i>Ol. Crotonis</i>	-	+ 8°	roth. Licht
<i>Balsamus Copairae</i>	39 ^{mm}	— 4°,5	weiss. Licht.

Letzteres ist wahrscheinlich nur in Folge seines Oelgehaltes wirksam; wenigstens drehen die harzigen Rückstände des Lavendel- und Terpentin-Oels die Polarisationsebene nicht, ebenso wenig die alkoholische Auflösung anderer Harze, und wo man eine Drehung findet (bei *Sandarac*, *Elemi*, *Mastix*) ist dieselbe, leicht nachweislich, ebenfalls Folge des Oelgehaltes.

Eine sehr grose Menge chemischer Verbindungen fand sich, wenigstens in den mir zu Gebote stehenden Quantitäten, auch bei Anwendung eines grösseren Apparats mit 400^{mm} langer Röhre durchaus unwirksam. Ich führe nur Thein und Caffein an, zur Widerlegung der Ansicht, als käme das Vermögen, die Polarisationsebene des Lichts zu drehen, hauptsächlich den stickstoffreichen Substanzen zu.

Name der Substanz.	Gelöste Gewichts-menge.	Lösungsmittel.	Grade der Drehung. weiss. Licht roth. Licht.	Atomge-wicht.	Moleculares Dre-hungsvormögen.
Rohrzucker	4309 ^{mfr}	Wasser	+ 25°	2154,5	+ 100 weiss. L.
Nicotin	1301	Alkohol	+ 32°,5 - 16 + 1 (?) - 9	3005	- 332,3 weiss. L.
" mit Salzsäure.	"	"	- 6,7 + 13,5 + 7		
Santonin	500	"	- 13,5		
Haematoxylin	1849	"	- 7		
Jalapin	2000	"	+ 22		
Camphor	6000	"	- 11		
Phloridzin	2377	"	- 8,7		
Chinin	{ 1782	"	- 20		
" mit Salpetersäure	{ 891	"	- 24		
" mit Phosphorsäure	"	"	- 12,5		
Schwefelaures Chinin	"	"	- 17		
Valeriansaures Chinin	1000	"	- 15		
Salzaures Chinin	"	"	- 24,5		
Cinchonin	500	"	- 16		
" mit Oxalsäure	454	"	- 13		
" mit Phosphorsäure	494	"	- 10		
" mit Salpetersäure	952	"	+ 12		
"	930	"	+ 12,5		
"	"	"	+ 23,5		
"	465	"	+ 20		
Chinidin	374	"	+ 10		
34 *	" mit Salpetersäure	"	+ 9,5	+ 8	
"	" mit Phosphorsäure	"	+ 10		
"	" mit Salzsäure	"	+ 10		
"	" mit Schwefelsäure	"	+ 11,5		

Name der Substanz.	Gelöste Gewichtsmenge.	Lösungsmittel.	Grade der Drehung. weiss. Licht. roth. Licht.	Atomgewicht.	Moleculares Drehungsvormögen.
Brucin	984 mgf	Alkohol	— 8°	3448	— 172,5 weiss. L.
" mit Phosphorsäure	"	" Wasser	0	4684	+ 169
Narcotin mit Schwefelsäure	936	"	+ 5,5		
Essigaures Morphin.	490	"	— 4		
Salzsäures Codein	578	"	— 5		
Ol. cubebar. aeth.	7460	Alkohol	— 33,5		
Ol. Valerian. aeth.	7480	Aether	— 16,5		
Balsamus Copaiace	7560	Aether mit Alkohol	— 11,5		

IV. Beiträge zur Conchyliometrie;
von J. H. T. Mäller.

Director des Realgymnasiums zu Wiesbaden.

Die von den DDr. G. und F. Sandberger angestellten Untersuchungen über die *Goniatiten* des Rheinischen Schichten-systems (s. der Verf. Systematische Beschreibung und Abbildung der Versteinerungen des Rheinischen Schichten-systems in Nassau. Wiesbaden 1850. 2. Lief.) führten bei der grossen Regelmässigkeit dieser Conchylien auf die Frage nach dem Windungsgesetze ihres Gehäuses. Zu dessen Ermittelung wurden von denselben zwei Exemplare von *Goniatites bifer* Phill. Var. *Delphinus* Sandb. und eines von *Goniatites carinatus* Beyr. sorgfältig geschliffen, so dass die erhaltene Ebene als der wahren Windungsebene sehr nahe kommend anzunehmen war. Diese drei Exemplare waren unter einer sehr grossen Anzahl der betreffenden Arten die einzigen, welche sich zum Anschleifen eigneten. Das Versteinerungsmittel derselben ist nämlich ein gefärbter, nur wenig späthiger Kalk, in welchem allein, und auch dann noch selten genug, sich die inneren Windungen deutlich erhalten haben.

Da das Windungsgesetz der Goniatiten bisher noch nicht untersucht worden ist, so theile ich die Ergebnisse der von mir ausgeführten Berechnung hier mit, wozu G. Sandberger die erforderlichen Messungen gemacht hat.

Dieselben sind in Ermangelung anderer Apparate mittelst eines sehr sorgfältig gearbeiteten Zirkels und eines gläsernen Metermaafsstabes mit grosser Genauigkeit ausgeführt worden. Auf die Messung der Vectoren der auf einer Axe liegenden Punkte der Curve wurde, wie C. F. Naumann (Ueber die Spiralen der Konchylien Lpz. 1846) bereits gethan, verzichtet, weil der Mittelpunkt der Curve sich kaum mit Sicherheit angeben lässt und weil, selbst im günstigern Falle, durch das öftere Einsetzen der Zirkelspitze in denselben die späteren Messungen immer unsicherer ge-

worden wären. Das dort beobachtete Verfahren, bloß die Durchmesser

1 3 5 7 9 8 6 4 2

12, 34, 54.., und außerdem zur Controle die Windungsabstände 13, 24, 35, 46.., zu messen, habe ich, weil die letzteren bald sehr klein werden und daher gröfsere Messungsfehler veranlassen, etwas abändern zu müssen geglaubt. Ich messe nämlich außer den Durchmessern

12, 34, 56..,

noch die beiden Reihen von Durchmessern:

14, 25, 36.., und 23, 45, 67..,

und berechne hieraus auf *doppelte* Weise die Windungsabstände, indem $13 = 12 - 23 = 14 - 34$ ist. Die Vergleichung beider Unterschiede, deren arithmetisches Mittel für den Windungsabstand zu nehmen ist, gewährt noch den Vortheil, dass etwaige Versehen in den Messungen dadurch sogleich zum Vorschein kommen.

Im Uebrigen bin ich bei der Untersuchung der beiden Exemplare von *Goniatites bifur*, welche hier mit A und B bezeichnet werden sollen, der zuerst von Naumann a. a. O. angewendeten Methode gefolgt. Nach dieser wird demnächst ermittelt, ob die von ihm mit p bezeichneten Quotienten der Durchmesserdifferenzen, nämlich:

$$\frac{12 - 34}{34 - 56}, \frac{34 - 56}{56 - 78}, \dots$$

denen ich noch die folgenden

$$\frac{14 - 36}{36 - 58}, \frac{36 - 58}{58 - 710}, \dots \text{ und } \frac{23 - 45}{45 - 67}, \frac{45 - 67}{67 - 89}, \dots$$

zugefügt habe, nahe gleich groß sind, und dann, mit Hülfe von p , im Mittel

$$a = \frac{1}{2}(12 - p \cdot 34) = \frac{1}{2}(34 - p \cdot 56) = \dots$$

d. i. der Parameter der Naumann'schen Konchospirale berechnet. Da sich an beiden Exemplaren a als *positiv* ergeben hat, so sind ferner hieraus die Radien

$$01, 02, 03, 04, 05, \dots = r_1, r_2, r_3, r_4, r_5, \dots$$

mittelst der Naumann'schen Formeln

$$r_{2a+1} = \frac{p^{\frac{1}{2}}(p^{\frac{1}{2}}+1).d+a}{(p^{\frac{1}{2}}+1)^2}; \quad r_{2a+2} = \frac{(p^{\frac{1}{2}}+1).d-a}{(p^{\frac{1}{2}}+1)^2}$$

berechnet worden, wo a die Reihe der natürlichen Zahlen von Null an und für

$$a=0, 1, 2, 3,$$

beziehungsweise d die Durchmesser

$$12, 34, 56, 78\ldots,$$

bezeichnet.

Nachdem auf diese Weise die successiven Vectoren berechnet worden, habe ich die Summen

$$r_1 + r_2, \quad r_2 + r_3, \quad r_3 + r_4 \ldots,$$

mit den gemessenen Durchmessern

$$12, 23, 34\ldots,$$

und die Unterschiede

$$r_1 - r_3, \quad r_2 - r_4, \quad r_3 - r_5 \ldots,$$

mit den oben gefundenen Windungsabständen

$$13, 24, 35\ldots,$$

verglichen.

Zur Entscheidung endlich, ob die Curve eine logarithmische oder eine Koncho-Spirale sey, habe ich die Näherungswerte der Quotienten der successiven Vectoren

$$\frac{r_2}{r_1}, \quad \frac{r_3}{r_2}, \quad \frac{r_4}{r_3}, \quad \frac{r_5}{r_4} \ldots,$$

gesucht, welche schärfere Resultate geben, weil diese Zahlen einander näher stehen, als bei den Quotienten der auf einerlei Seite vom Mittelpunkte liegenden Radien:

$$\frac{r_3}{r_1}, \quad \frac{r_4}{r_2}, \quad \frac{r_5}{r_3} \ldots,$$

Je nachdem dann diese Quotienten einander gleich oder ungleich sind, ist die fragliche Curve eine logarithmische, oder eine Koncho-Spirale.

Nach dieser kurzen Andeutung des Ganges der Rechnung, für Diejenigen, denen die schöne Naumann'sche Abhandlung vielleicht nicht augenblicklich zur Hand ist, lasse ich die Berechnung von *Goniatites bifer A* und *B* hier folgen, welcher je zwei Messungen auf zwei auf einander senkrechten Axen x und y zu Grunde liegen.

Es sind gemessen worden an

A.		Goniatites bifur.	B.	
auf x.	auf y.	die Durch- messer.	auf x.	auf y.
28,8	25,4	1 2	19,7	17,5
18,5	16,5	3 4	12,5	11,1
12,0	10,5	5 6	7,8	6,9
7,1	6,1	7 8	4,5	3,8
3,9	3,0	9 10		
24,2	21,7	1 4	16,4	14,7
15,6	14,0	3 6	10,5	9,3
9,8	8,6	5 8	6,4	5,7
5,5	5,0	7 10		
23,0	20,1	2 3	15,6	13,9
15,0	13,4	4 5	10,0	8,6
9,4	8,0	6 7	5,9	5,1
5,1	4,4	8 9		

Bildet man von den Zahlen jedes Feldes die erste Differenzreihe und berechnet die Näherungswerte der Quotienten der auf einander folgenden Glieder einer jeden dieser Reihen, so geben diese, für das eine wie für das andere Exemplar mit nur wenigen, für derartige Messungen unbedeutenden, Abweichungen, den constanten Werth von $\frac{3}{2}$ für p .

Mit Hülfe von p sind jetzt aus den successiven Durchmessern nach der oben angegebenen Weise die verschiedenen Werthe des Parameters a berechnet worden, welche sämmtlich positiv waren. Das arithmetische Mittel hier-von giebt:

für Goniat. bif. A, $a=0,52$;
für Goniat. bif. B, $a=0,48$.

Den aus a und p und den gemessenen Stücken berechneten Vectoren füge ich noch zur Vergleichung die Werthe der Durchmesser bei, wie sie die Summirung je zweier auf einander folgenden Vectoren und wie sie die unmittelbare Messung giebt.

Goniatit. bif. A.

Auf der Axe x.			Auf der Axe y.		
Vectorien.	Durchmesser		Vectorien.	Durchmesser	
	berechnet.	gemessen.		berechnet.	gemessen.
15,96	28,8	28,8	14,08	25,4	25,4
12,84	23,1	23,0	11,31	20,5	20,1
10,29	18,5	18,5	9,19	16,5	16,5
8,21	14,9	15,0	7,31	13,2	13,4
6,71	12,0	12,0	5,88	10,5	10,5
5,29	9,3	9,4	4,62	8,1	8,0
4,01	7,1	7,1	3,46	6,1	6,1
3,09	5,3	5,1	2,64	4,4	4,4
2,25	3,9	3,9	1,76	3,0	3,0
1,65			1,24		

Goniatit. bif. B.

Auf der Axe x.			Auf der Axe y.		
Vectorien.	Durchmesser		Vectorien.	Durchmesser	
	berechnet.	gemessen.		berechnet.	gemessen.
10,94	19,7	19,7	9,73	17,5	17,5
8,76	15,7	15,6	7,77	14,0	13,9
6,98	12,5	12,5	6,21	11,1	11,1
5,52	9,9	10,0	4,89	8,8	8,6
4,39	7,8	7,8	3,89	6,9	6,9
3,41	6,0	5,9	3,00	5,2	5,1
2,57	4,5	4,5	2,19	3,8	3,8
1,92			1,61		

Die Vergleichung der Windungsabstände, wie sie sich aus den Vectorenunterschieden und aus den gemessenen Diametern ergeben, habe ich zur Raumersparnis weggelassen.

Aus dieser Zusammenstellung ergibt sich, dass die Resultate der Rechnung mit den Messungen überraschend genau übereinstimmen. Die etwas grösseren Abweichungen in *Gon. bif. A* auf der Axe *y* haben ihren Grund in der Beschaffenheit des Konchyls, welches dort etwas undeutlich war.

Es bleibt nun noch zu untersuchen, ob die Curven dieser Goniatiten Koucho- oder logarithmische Spiralen seyen, d. h. ob die Quotienten der successiven Vectoren constant oder veränderlich seyen.

In der folgenden Tabelle sind die Näherungswerte dieser Quotienten zur Erleichterung der Uebersicht dicht nebeneinander gestellt worden.

Goniat. bif. A.			Goniat. bif. B.		
Vectoren auf <i>x</i> .	Quotienten der Vectoren.	Vectoren auf <i>y</i> .	Vectoren auf <i>x</i> .	Quotienten der Vectoren.	Vectoren auf <i>y</i> .
15,96	$\frac{4}{5}$	$\frac{4}{5}$	14,08		
12,84	$\frac{4}{5}$	$\frac{4}{5}$	11,31	10,94	$\frac{4}{5}$
10,29	$\frac{4}{5}$	$\frac{4}{5}$	9,19	8,76	$\frac{4}{5}$
8,21	$\frac{4}{5}$	$\frac{4}{5}$	7,31	6,98	$\frac{4}{5}$
6,71	$\frac{4}{5}$	$\frac{4}{5}$	5,88	5,52	$\frac{4}{5}$
5,29			4,62	4,39	$\frac{3}{4}$
4,01	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	3,46	3,41	$\frac{3}{4}$
3,09	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	2,64	2,57	$\frac{3}{4}$
2,25	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	1,76	1,92	$\frac{3}{4}$
1,65	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	1,24		1,61

Aus dem Bisherigen ergibt sich Folgendes:

1. In beiden Exemplaren von *Goniatit. bifer* ist der Windungsquotient p übereinstimmend $= \frac{3}{7}$.
2. Die Werthe der beiden Parameter 0,52 und 0,48 weichen nur um 0,04 von einander ab und sind daher nahezu ebenfalls einander gleich.
3. Die Näherungswerte der Vectorenquotienten stimmen mit zwei Ausnahmen auf der Axe y in A , welche keine so exacten Messungen zuließ, nicht nur unter sich völlig überein, sondern sie sind auch, wie alles Uebrige, in beiden Exemplaren genau dieselben.
4. Auch ist bemerkenswerth, daß die Vectoren
auf x und y in B
von den Vectoren
auf y und x in A

auffallend wenig abweichen.

5. Da in beiden Exemplaren die Vectorenquotienten constant erst $\frac{3}{5}$ und dann $\frac{3}{4}$ sind, so ist anzunehmen, daß die Windungskurve von *Goniat. bifer* aus zwei logarithmischen Spiralen mit den Exponenten $\frac{4}{3}$ und $\frac{5}{3}$ besteht.

Dadurch, daß die Curve aus zwei Spiralen besteht, wird man jetzt veranlaßt, die verschiedenen Werthe von a in zwei Gruppen zu theilen und von jeder einzeln das arithmetische Mittel zu nehmen. Dann zeigt sich in diesen Mitteln wiederum eine grosse Uebereinstimmung der beiden Parameter für A und B . Hiefür die Rechnung nochmals vorzunehmen, fehlt es mir in diesem Augenblicke an Zeit.

Goniatites curinatus.

An dem Exemplare dieses Konchyls sind die Durchmesser auf vier Axen gemessen worden, welche einander unter halben rechten Winkeln schnitten. Das erste Paar der auf einander senkrechten Axen bezeichne ich mit x' und y' , das andere Paar mit x'' und y'' .

Der erste Näherungswert von p ergab sich für alle vier Axen mit großer Übereinstimmung $= \frac{5}{2}$. Als ich aber hieraus a bestimmen wollte, zeigte es sich, dass der Wert hiervon überall negativ war. Ich musste daher das bisherige Verfahren aufgeben und mir einen anderen Weg suchen, den ich hier vorweg anzugeben habe.

Da der eben behandelte Goniatit auf eine logarithmische Spirale geführt hatte, so lag die Vermuthung nahe, dass auch der *G. curinatus* nach diesem Gesetze gewunden seyn werde. Ich ging daher von dieser Voraussetzung aus, berechnete darnach die Vectoren und zwar auf drei verschiedene Weisen, weil in den erhaltenen Ausdrücken die unvermeidlichen Messungsfehler von bedeutenderem Einflusse auf die Resultate sind, nahm hievon die mittleren Werthe und berechnete zuletzt aus diesen näherungsweise die Quotienten der successiven Vectoren jeder Axe.

1 3 5 7 0 8 6 4 2

Wird die vorige Bezeichnungsweise beibehalten, so erhält man als Grundgleichungen

$$r_1 + r_2 = 12; \quad r_1 r_3 = r_2 r_2$$

$$r_2 + r_3 = 23; \quad r_2 r_4 = r_3 r_3$$

$$\vdots \quad \vdots \quad \vdots \quad \vdots \quad \vdots \quad \vdots$$

Hieraus ergeben sich dann folgende Beziehungen:

$$r_1 = \frac{(12)^2}{12+23}$$

$$r_2 = \frac{(23)^2}{23+34} = \frac{12 \cdot 23}{12+23}$$

$$r_3 = \frac{(34)^2}{34+45} = \frac{23 \cdot 34}{23+34} = \frac{(23)^2}{12+23}$$

$$\vdots \quad \vdots \quad \vdots \quad \vdots \quad \vdots$$

Außerdem ist noch

$$r_4 = \frac{(23)^3}{(23+34) \cdot 34} = 14 - r_1$$

$$r_2 = \frac{(34)^3}{(34+45) \cdot 45}.$$

Die aus den letztern Gleichungen für r_1 , r_2 erhaltenen Werthe sind in der Tabelle eingeklammert. Auch bezeich-

net r_4 hier den mittleren Werth aus den drei berechneten Werthen.

Gemessene Diameter.

	Durchmesser auf der Axe.			
	x' .	y' .	x'' .	y'' .
1 2	25,6	20,5	22,5	18,2
3 4	10,6	8,4	9,4	7,8
5 6	4,6	3,8	4,2	3,5
7 8	2,1	1,9	2,1	1,8
9 10	1,0	1,0	1,0	0,9
1 4	20,0	15,9	17,6	14,2
3 6	8,2	6,8	7,3	6,1
5 8	3,6	3,1	3,3	2,8
7 10	1,6	1,6	1,6	1,5
2 3	16,2	13,1	14,3	11,9
4 5	6,9	5,6	6,2	5,0
6 7	3,1	2,7	3,0	2,4
8 9	1,5	1,5	1,6	1,3

Für die Axen x' und y' mögen hier zur Vergleichung die drei für jeden Vector berechneten Werthe Platz finden; für die drei übrigen Axen dagegen sollen bloß die Mittelwerthe angegeben werden.

	für x' .			für y' .		
r_1	15,67	(14,97)	(15,83)	12,59	(12,45)	(12,54)
r_2	9,79	9,90	(9,87)	7,98	7,99	(7,56)
r_3	6,42	6,41	6,28	5,04	5,12	5,11
r_4	4,14	4,18	4,18	3,34	3,36	3,28
r_5	2,75	2,76	2,72	2,22	2,26	2,24
r_6	1,85	1,85	1,84	1,58	1,58	1,54
r_7	1,22	1,25	1,25	1,06	1,11	1,12
r_8	0,90	0,88	0,85	0,90	0,84	0,79
r_9		0,60	0,62		0,60	0,66

Die erhaltenen *mittleren* Werthe für die Vectoren geben auf dem ersten Axenpaare:

Auf x' .Auf y' .

Vectoren.	Durchmesser		Vectoren.	Durchmesser.	
	berechnet.	gemessen.		berechnet.	gemessen.
15,49	25,3	25,6	12,53	20,4	20,5
9,85	16,2	16,2	7,84	12,9	13,1
6,37	10,5	10,6	5,09	8,4	8,4
4,17	6,9	6,9	3,33	5,6	5,6
2,74	4,6	4,6	2,24	3,8	3,8
1,85	3,1	3,1	1,57	2,7	2,7
1,24	2,1	2,1	1,10	1,9	1,9
0,88	1,5	1,6	0,84	1,5	1,5
0,61	1,0	1,0	0,63	1,0	1,0
0,40			0,40		

Auf dem zweiten Axenpaare:

Auf x'' .Auf y'' .

Vectoren.	Durchmesser		Vectoren.	Durchmesser	
	berechnet.	gemessen.		berechnet.	gemessen.
13,59	22,2	22,5	11,04	18,3	18,2
8,65	14,3	14,3	7,27	12,0	11,9
5,66	9,4	9,4	4,72	7,8	7,8
3,71	6,2	6,2	3,03	5,1	5,0
2,47	4,2	4,2	2,03	3,4	3,5
1,76	3,0	3,0	1,41	2,4	2,4
1,20	2,2	2,1	1,02	1,8	1,8
0,96	1,6	1,6	0,76	1,3	1,3
0,61	1,0	1,0	0,54	0,9	0,9
0,38			0,37		

Berechnet man endlich näherungsweise die Quotienten der successiven Vectoren auf jeder der vier Axen, so erhält man Folgendes:

Auf der Axe.	$\frac{r_2}{r_1}$	$\frac{r_3}{r_2}$	$\frac{r_4}{r_3}$	$\frac{r_5}{r_4}$	$\frac{r_6}{r_5}$	$\frac{r_7}{r_6}$	$\frac{r_8}{r_7}$	$\frac{r_9}{r_8}$	$\frac{r_{10}}{r_9}$
x'	$\frac{2}{3}$								
y'	$\frac{2}{3}$								
x''	$\frac{2}{3}$								
y''	$\frac{2}{3}$								

Hieraus ergiebt sich für das gemessene Exemplar von *Goniatites curinatus* Folgendes:

1. Der Näherungswert des Quotienten p ist auf allen vier Axen übereinstimmend $= \frac{5}{2}$, während a durchgängig negativ erscheint.
2. Die mittleren Werthe der auf dreifache Weise berechneten Vectoren geben, wenn man je zwei aufeinander folgende addirt, die Durchmesser der Curve mit den durch Messung gefundenen sehr genau übereinstimmend.
3. Die Näherungswerte der Quotienten der successiven Vectoren sind auf *allen vier* Axen von r_1 bis zu r_6 durchgängig und von r_6 bis zu r_{10} vorherrschend $= \frac{2}{3}$, so dass man zu der Annahme berechtigt ist, dass die Windungscurve von *Goniat. curinat.* ebenfalls zu den *logarithmischen Spiralen* gehöre.

Zu (3) bemerke ich noch, dass, wenn auf der Axe y'' die beiden Näherungswerte $\frac{2}{3}$ durch $\frac{5}{2}$ ersetzt werden, diese letztern Werthe dem wahren Quotienten ebenfalls sehr nahe gleich sind, dass daher von r_1 an auf x' bis zu r_8 auf x' die Curve sicher eine logarithmische Spirale ist. Ob sie später, wie dies bei *Goniat. bifur* der Fall war, in eine andere solche Spirale übergehe, lässt sich bei der Schwierigkeit einer genauen Messung der letzten sehr klei-

nen Abstände zur Zeit nicht mit Gewissheit behaupten, mit Wahrscheinlichkeit aber, wegen der Beständigkeit von p , so weit die Messungen noch irgend sicher waren, kaum erwarten.

V. Vielfache Resonanz, optische Phänomene durch schwingende Körper und Theorie des Violinbogens; von Hrn. J. Antoine.

(*Ann. de chim. et de phys. Sér. III. T. XXVII.*, p. 191.)

Hr. Duhamel hat kürzlich eine neue und sinngreiche Theorie über die vielfache Resonanz tönender Körper veröffentlicht. Ich weiß nicht, weshalb er glaubt, dass man ihm keine Gerechtigkeit widerfahren lasse; der gelehrte Akademiker täuscht sich in dieser Beziehung. Die Physiker werden ihm gerecht seyn, ungeachtet er gernschätzigt voraussetzt, sie seyen seit den Zeiten des Pater Mersenne nicht vorgerückt, und ungeachtet diese des Glaubens sind, sie hätten seit langer Zeit eine richtige, einfache und directe Theorie der vielfachen Resonanz.

Ich bedaure, dass Hr. Duhamel geglaubt hat, sich bei Schilderung des Zustands der Wissenschaft sehr kurz fassen zu müssen. Nur mit Besorgniß trete ich statt seiner in einer schwierigen Materie auf, die er seit vielen Jahren studirt hat; desungeachtet wage ich es einen historischen Abriss zu geben, um die gegenwärtige Lage der Aufgabe besser übersehen zu lassen.

Die Erscheinung der vielfachen Resonanz ist sehr lange bekannt, da schon Aristoteles fragt, aus welchem Grunde die tiefen Töne höhere einschliessen. Mersenne ist jedoch der erste Physiker, der sie einer Experimental-Untersuchung unterworfen hat.

Die-

Dieser sinnreiche Beobachter ordnete die verschiedenen hohen Töne, welche den Grundton einer Saite begleiten und er fand bei Saiten von verschiedener Natur, Spannung und Dimension dieselbe Reihe. Die supplementären Töne, die er unter günstigen Umständen unterscheiden konnte, sind: der achte, der zwölft, der funfzehnte, der grosse siebzehnte, der neunzehnte und der zwei und zwanzigste. Mit einiger Geschicklichkeit im Experimentiren ist es leicht die Reihe noch über diese Gränze hinaus auszudehnen. Mersenne klassificirte auch die Töne, welche bei der vielfachen Resonanz von Glocken auftreten, sowie die noch wunderbarere, die zuweilen gleichzeitig bei Orgelpfeifen zum Vorschein kommen.

Bei Aufsuchung der Ursache dieser Vervielfältigung der Töne stellte Mersenne einen Versuch an, der ihm hätte dieselbe entdecken lassen können, allein sein Scharfsinn gerieth auf Abwege und die Wahrheit entging ihm. Er untersuchte die Schwingungen einer langen Saite und da er keine Abtheilung eintreten sah, schloß er, die Saiten theilten sich nicht bei Entstehung der gleichzeitigen harmonischen Töne, und von nun an suchte er die Erklärung des Phänomens dort, wo sie nicht ist.

Die Theorie der vielfachen Resonanz machte erst Fortschritte, als die Experimental-Analyse die Ursache jener Vervielfältigung von Tönen aufgedeckt hatte, die man isolirt aus einem selben tönenden Körper ziehen kann. Seit langer Zeit wußte man der Trompete eine beträchtliche Reihe successiver Töne zu entlocken; Mersenne klassificirte sie richtig und verglich sie mit den verschiedenen Tönen, die eine und dieselbe Orgelpfeife geben kann; allein er konnte nicht die Ursache derselben entdecken. Die Schwierigkeit war groß, auch wurde sie nicht zuerst bei Luftsäulen, sondern bei schwingenden Saiten überwunden.

Im J. 1673 machten William Noble und Thomas Pigot den niedlichen Versuch, bei welchem kleine Papierstücke, die man auf einer Saite gleichsam reiten läßt, an gewissen Stellen in Ruhe bleiben, während sie an anderen

abgeworfen werden. Wallis fand die Thatsache so merkwürdig und neu, dass er glaubte ihr einen Platz in seinem Lehrbuche der Algebra geben zu müssen. Aus den Versuchen von Noble und Pigot geht deutlich hervor, dass eine und dieselbe Saite neben ihrem Grundton isolirt verschiedene harmonische Töne geben kann, und dass sie sich dazu in aliquote Stücke theilt, die, getrennt durch unbewegliche Punkte oder Knoten, abwechselnd in entgegengesetztem Sinne schwingen.

Nachdem hiedurch für den besonderen Fall von schwingenden Saiten die Ursache der Erscheinung deutlich nachgewiesen worden, war sie noch zu verallgemeinern. Daniel Bernoulli behandelte durch sinnreiche Versuche den vielleicht schwierigsten Fall der Blase-Instrumente und später unterwarf man auch nach und nach alle möglichen Fälle dem Versuch, somit beweisend, dass ein tönender Körper eine bedeutende Reihe sehr verschiedener Töne geben kann, und dass er für jeden derselben in ein System von schwingenden Theilen und Knotenflächen zerfällt.

Es wäre nun vielleicht zweckmässig zu untersuchen, welche Verknüpfung stattfinde zwischen der vielfachen Resonanz und der Ursache der verschiedenen Töne, die successiv von einem Körper gegeben werden. Indes glaube ich wegen des Gebrauchs, den ich davon machen werde, einige Worte über die Methoden sagen zu müssen, welche die Physiker erdacht haben, um einem selben Körper eine verschiedenartige Reihe isolirter Töne zu entlocken.

Als Noble und Pigot ihren kapitalen Versuch machten, kannte man nur ein einziges regelmässiges Mittel, einer Saite successiv ihre harmonischen Töne zu entlocken. Man berührte sie nicht, man strich sie nicht direct mit dem Bogen, sondern man erregte in einem Abstand den verlangten harmonischen Ton, und sogleich setzte sich die Saite in Schwingungen, bildete Knoten und wiederholte diesen Ton. Diese Mittheilung der Bewegung durch die Luft und die Stege der Saite, oder, wie man damals sagte, diese Mittheilung der Töne durch Sympathie, wurde von

Fracastoro entdeckt. Mersenne untersuchte sie sorgfältig und fand, daß die verschiedenen harmonischen Töne des Grundtons die passendsten sind, um durch Sympathie eine Saite in Schwingungen zu versetzen; er bemerkte auch, daß die Quinte, Quarte, große Terz und andere Consonanzen noch schwache Vibrationen erzeugen, sobald die Saite vollkommen lang und auf ein zweckmäßiges Instrument aufgezogen ist. Der folgende Fall ist vielleicht des Erwähnens nicht ganz unwert. Man spannt zwei Saiten auf ein Sonometer und bringt sie so nahe in Einklang, daß sie, bei gleichzeitigem Schwingen, Schläge geben. Setzt man nun die eine direct in Schwingung, so erleidet die andere, nicht berührte Saite sehr sichtbare Erzitterungen, und bald darauf läßt sie Schläge hören. Dieser Versuch zeigt die Unvollkommenheit einer der Verfahrensarten, welche man zum Stimmen von Instrumenten angiebt.

Um einer Saite successive die Reihe ihrer harmonischen Töne zu entlocken, erdachte Sauveur später eine zweite Methode, die bequemer und vor allem fruchtbarer ist als die erste. Wie bei dem älteren Verfahren berührte er die Saite nicht und ließ neben ihr den zu erregenden harmonischen Ton erklingen, allein er brachte diesen ersteren erzeugenden Ton dadurch hervor, daß er die eigene Verlängerung der Saite erschütterte. Die Zahl der auf diese Weise erhaltenen harmonischen Töne ist gewissermaßen unbegrenzt, aber freilich sind die höheren Töne nicht so gut charakterisiert als die tieferen. Bei einer Saite von einem Meter bestimmte Sauveur desungeachtet 32, und er konnte sogar 128 vernehmen. Die Sauveur'sche Methode steht in dieser Beziehung weit über der früheren.

Sauveur hat nicht versucht, ob es möglich sey, die Unterabtheilungen der Saite durch directes Streichen mit dem Bogen hervorzubringen. Man kann dabin gelangen, obwohl die Ausführung einige Schwierigkeiten darbietet. Streicht man mit dem Bogen auf der Mitte der Saite, vermeidet aber dabei, ihr die Bewegung im Ganzen einzuprä-

gen, welche den Grundton hervorruft, so vernimmt man anfangs nur ein kreischendes, sehr unangenehmes Knirschen. Diese, von Wallis als schon bekannt bezeichnete That-sache, entsteht auch, wie Wallis bemerkt, wenn man den Bogen über einen der den aliquoten Theilungen entsprechenden Punkte hinwegführt, mit dem Umstande jedoch, dass der Ton in dem Maafse weniger unangenehm wird, als die Abtheilungen zahlreicher werden.

Man muss jedoch nicht glauben, dass das von Wallis erwähnte Phänomen immer zutrifft. Denn streicht man mit dem Bogen auf der Mitte der Saite, indem man dabei Geschwindigkeit und Druck abändert, so erhält man nach einigen Versuchen zuletzt einen hohen Ton von grosser Reinheit. Sobald dieser Ton voll ist, kann man ihn leicht so lange wie man will unterhalten, selbst wenn man den Druck des Bogens bedeutend erhöht. Auf diese Weise kann man einer Saite die ungeraden harmonischen Töne entlocken.

Leicht ist es bei diesen Versuchen die Bildung und die Lage der Knoten zu erkennen. Giebt die Saite z. B. den 19^{ten} harmonischen Ton, und beobachtet man bei hellem Tageslicht, so erblickt man neunzehn unter sich gleiche Spindeln hinter einander liegen. Die Punkte, wo diese Spindeln sich vereinigen, scheinen unbeweglich zu seyn; berührt man sie sanft mit dem Finger, so ändert man nicht den vom Bogen hervorgerufenen Ton, man verspürt kein Zittern und erhält den Ton unausgesetzt.

Man kann auch das Daseyn der neunzehn schwingenden Stücke nachweisen, wenn man den Bogen successive auf jedes derselben hinführt; der Ton wird dadurch nicht geändert. Kommt man mit dem Bogen einem der Knoten zu nahe, so verschwindet sogleich der harmonische Ton und wird gemeiniglich durch den Grundton ersetzt.

Um die Lage der Knoten zu erkennen, bediene man sich, statt leichte Körper auf der Saite reiten zu lassen, kleiner in der Mitte durchbohrter Papierscheiben oder besser Drahtringe, damit diese Körper nicht abgeworfen wer-

den, wenn die Hervorrufung des harmonischen Tons durch den Bogen nicht beim ersten Strich gelingt.

Die ungeraden Abtheilungen sind nicht die einzigen, welche man durch directe Erschütterung der Saite mit dem Bogen hervorbringen kann. Man erhält auch die geraden Abtheilungen, wenn man in gehöriger Entfernung von den Knoten, welche man bilden will, den Bogen geschickt hinführt. Man erleichtert das Gelingen des Versuchs, wenn man nur auf einem Augenblick einen der Knoten berührt.

Die eben angedeutete Methode kann auch dazu dienen, um in dem Concert von harmonischen Tönen, die für gewöhnlich den Grundton begleiten, gewisse Töne gewaltsam hervortreten zu lassen oder zu unterdrücken.

Nach dieser vielleicht zu langen Abschweifung kehre ich zur Hauptaufgabe zurück. Nachdem die Ursache der successiven Töne, die ein Körper geben kann, durch den Versuch nachgewiesen worden, folgt natürlich die Erklärung der vielfachen Resonanz, eine Erklärung, die dem Pater Mersenne so große Schwierigkeiten machte. In der That ist leicht zu begreifen, dass wenn verschiedene Schwingungsarten, die in einem Körper isolirt stattfinden können, sich gleichzeitig einstellen, eine jede den ihr zukommenden Ton hören lassen wird. Hr. Biot hat diese Theorie mit Eleganz entwickelt und seitdem sieht man sie in physikalischen Werken wiederholt. Ich weiß nicht, weshalb Hr. Duhamel geglaubt hat, ihrer nicht einmal erwähnen zu müssen.

Die Richtigkeit der allgemein angenommenen Theorie von der vielfachen Resonanz wird gewissermaßen augenfällig bestätigt bei dem Phänomen der vielfachen Saiten und Stäbe, welches man vernimmt, wenn man mehre Töne zugleich ansprechen lässt. Um zu zeigen, welch ergänzender Beweis in diesem Phänomene liege, braucht man seine Aufmerksamkeit nur auf die Thatsachen zu richten.

Wenn ein in *A* befestigter Stab *AB* (Fig. 12. Taf. IV des Bandes LXXX) um seine Gleichgewichtslage *AB* zwischen den Gränzlagen *AC* und *AD* schwingt, in einer Am-

plitude, welche seine Dicke übertrifft, so sieht man zwei vollkommen deutliche und wie an den Orten AC und AD unbewegliche Bilder des Stabes. Der Stab durchläuft jede intermediäre Lage sehr rasch und kommt in den äußersten Lagen AB und AD mit Geschwindigkeiten an, die sich annulliren und darauf in unmerklichen Graden wieder entstehen. Die Bilder, welche der Stab auf der Netzhaut hervorruft, wenn er sich in den den kleinsten Geschwindigkeiten benachbarten Lagen befindet, da, wo er eine verhältnismäsig ziemlich lange Zeit fast unbeweglich ist, müssen lebhafter seyn als die in den übrigen Lagen und daher die beobachtete Erscheinung. Auch nähern sich die beiden deutlich sichtbaren Bilder des Stabes nach und nach in dem Maasse als die Amplitude der Schwingungen abnimmt.

Ist der Stab zugleich mit einer schwingenden und einer fortschreitenden Bewegung begabt, so wird man, statt zwei Bilder, eine sehr bedeutende Anzahl von Bildern sehen können, die auf dem ganzen Wege, welche die fortschreitende Bewegung den Stab durchlaufen lässt, regelmäsig vertheilt sind. Hält man z. B. ein Messer in der Mitte, schlägt mit seinem Ende auf einen festen Gegenstand und lässt es frei aufspringen und vibrieren, so gewahrt man zehn, zwanzig, dreißig Messer regelmäsig vertheilt vor dem Gegenstande. Schlägt man einen Gegenstand mit einem Violinbogen, so erblickt man mehrere Bilder des Bogens, die jedes vollkommen und sehr deutlich alle Theile des Bogens darstellen.

Diese vielfachen Bilder erklären sich leicht. Gesetzt ein Stab AB (Fig. 13. Taf. IV Bd. LXXX) sey nach AC abgelenkt, darauf sich selbst überlassen und zugleich einer Fortbewegung ausgesetzt, die den Punkt A längs der Linie AM wegführt. Nehmen wir auf AM Längen AA' , $A'A''$ $A''A'''$... die von dem Punkt A in der Zeit durchlaufen werden, in welcher eine einfache Schwingung vollendet wird. Sobald der Punkt A in A' ist, wird der Stab in $A'D'$ seyn, am Ende seiner ersten einfachen Schwingung,

ebenso wird der Stab seine zweite, dritte, Schwingung in den Lagen $A'C$, $A''D$, vollenden. Diese Lagen sind denen sehr nahe, welche den Minimis der Geschwindigkeit entsprechen; die übrigen Lagen werden sehr rasch durchlaufen, und deshalb sieht man in den Lagen AC , $A'D$, $A''C'$, $A'''D'$... die Bilder des Stabes deutlich. Man wird sie bei angemessener Fortbewegung gleichzeitig sehen.

Die schwingenden Saiten bieten uns anologe Erscheinungen dar. Gesetzt die erschütterte Saite gebe ihren Grundton kräftig und ihre harmonischen Töne nur schwach. Alsdann sieht man zwei sehr deutliche Bilder in den äußersten Lagen AmB , $Am'B$ (Fig. 14. Taf. IV. Bd. LXXX), und zwar an den Orten, wo die Geschwindigkeit der Saite Null ist oder sehr klein gegen die, mit welcher sie die intermediären Lagen durchläuft.

Streicht man mit dem Bogen so, daß man nur die Octave des Grundtons hervorruft, so sieht man zwei gleiche Spindeln hinter einander, von denen jede zwei Bilder von der Saite in den Lagen giebt, wo ihre Geschwindigkeit sich annullirt, also in AnM , $An'M$, MpB , $Mp'B$ (Fig. 15. Taf. IV. Bd. LXXX). Diese Erscheinungen sind unmittelbare Folgen des Zerfallens der Saite in zwei für sich schwingende Stücke.

Entlockt man einer Saite den Grundton und zugleich dessen Octave, so, daß diese beiden Töne sehr kräftig sind gegen die übrigen harmonischen Töne, die wir als sehr schwach annehmen, so sieht man vier Bilder von der Saite, gelagert wie die Figur es andeutet. Nach der insgemein angenommenen Erklärung der vielfachen Resonanz beim Schwingen der ganzen Saite, schwingen die beiden Hälften für sich, und nehmen dabei entgegengesetzte Krümmungen an. Daraus folgt, daß wenn die Saite ihre Lage AB (Fig. 16. Taf. IV. Bd. LXXX.) verläßt, um sich in die Curve $AaCbB$ zu begeben, die erstere Hälfte AC der Saite in AB , z. B. die Concavität derselben vorstellen wird, und die zweite Hälfte CB die Convexität derselben. Während

dieses Transports streben die verschiedenen Punkte der Saite successive ihre Geschwindigkeiten zu annulliren, und die Curve $AaCbB$ ist der Ort, welchen die verschiedenen Punkte der Saite erreichen, sobald ihre Geschwindigkeit vernichtet ist.

Nachdem die Saite sich, wie angegeben, gekrümmt hat, nimmt sie entgegengesetzte Krümmungen an, kehrt darauf zu den anfänglichen zurück und so fort. Während dieser Gestaltveränderung gehen die Punkte der Saite aus dem Ort $AaCbB$ in den Ort $AeCfB$, wo ihre Geschwindigkeiten sich successiv annulliren, darauf in den Ort $AgHkB$, wo ihre Geschwindigkeiten wieder Null sind, dann in den Ort $AmHnB$, wo die Geschwindigkeiten zum vierten Male Null werden, und endlich kehren sie zu dem Ort $AaCbB$ zurück, wo die Geschwindigkeiten anfangs Null waren, und wo sie abermals successiv für jeden Punkt verschwinden, wenn man die Abnahme der Schwingungs-Amplituden vernachlässigt.

Aus diesen Betrachtungen folgt, dass sich während einer vollständigen Schwingung der Saite vier bestimmte Orte bilden, in denen die Punkte der Saite successive ohne Geschwindigkeit anlangen, nachdem sie die intermediären Lagen, mit großer Schnelligkeit durchlaufen haben. Daraus entspringt dann die Erscheinung von vier besonderen, den Linien der Figur gemäss, gekrümmten Saiten und dem zufolge auch die Erklärung der Erscheinung. Aus diesen selben Betrachtungen folgt auch, dass die Saite zu vier verschiedenen Malen auf die Luft stößt, beim Uebergange von $AaCbB$ in $AeCfB$, von dieser Lage in die $AgHkB$, darauf in die Lage $AmHnB$, und endlich in die ursprüngliche $AaCbB$. Die vier Stöße sind nicht identisch; in der ersten und dritten stoßen die beiden Hälften der Saite die Luft in entgegengesetztem Sinn, während die Saite, in der zweiten und vierten, die Luft in gleichem Sinn mit allen Punkten trifft, fast wie wenn sie sich ohne Theilung bewegte. Daraus folgt, dass in der Reihe von Stößen, welche das Trommelfell des Ohrs empfängt, bei jedem zweiten Stoß

der auf uns gemachte Eindruck etwas Besonderes haben muss, und die periodische Wiederkehr dieses Phänomens muss die gleichzeitige Empfindung zweier um eine Octave verschiedener Töne auf uns machen. Dies ist genau die Thatsache, die beobachtet wird und erklärt werden soll.

Alle obigen Betrachtungen lassen sich bestätigen, wenn man den Versuch so ausführt, wie eben beschrieben.

Bei gehöriger Führung des Bogens schwächt man die Octave des Grundtons; die Spindeln *AaCe*, *CbBf*, *AgHm*, und *HKBn* werden schmäler und endlich, wenn die Octave sehr schwach geworden, unmerklich.

Schwächt man dagegen den Grundton, so verbleiben die Spindeln, aber die Theile *C* und *H* kommen einander näher, streben zusammenzufallen und thun es wirklich, wenn man den Grundton schweigen lässt.

Leicht bestimmt sich die Gestalt der Curven, in welchen die verschiedenen Punkte der Saite successive ohne Geschwindigkeit anlangen, und die Dauer, welche jeder Punkt zum Uebergange von einer Curve zur anderen gebraucht; es geschieht mittelst der Gleichung

$$g = \alpha \cdot \sin \frac{\pi x}{l} \cdot \sin \frac{\pi at}{l} + \beta \sin \frac{2\pi x}{l} \cdot \sin \frac{2\pi at}{l},$$

welche eine der bei Saiten möglichen Bewegungen vorstellt und speciell die von uns betrachtete vorstellen kann.

Um übrigens die Wirkungen der Combination zweier Schwingungsbewegungen auf einen Körper nachzuweisen, braucht man nur die Bewegungen etwas langsam hervorzubringen, damit man die Phasen leicht verfolgen könne. Man erreicht dies leicht, mittelst eines langen Stabes, den man als Ganzes schwingen lässt und während dieser Schwingungen so schlägt, dass eine doppelte Schwingungsbewegung erfolgen muss. Dieser Versuch ist nicht ohne Interesse.

Ich setze die Analyse dieser Erscheinungen nicht weiter fort, spreche auch nicht von den sonderbaren Erscheinungen, die eine schwingende Saite darbietet, wenn man sie sich selbst überlässt. Was ich eben entwickelt habe, ist hin-

reichend, um die Erklärung der gleichzeitigen harmonischen Töne, wie man sie aus den fundamentalen Versuchen von Pigot, Noble und Sauveur hergeleitet hat, den Augen vorzuführen.

Untersuchen wir jetzt die von Hrn. Duhamel vorgeschlagene Erklärung der vielfachen Resonanz. Wir wollen hiebei speciell die schwingenden Saiten betrachten, da sie das elegante und interessanteste Beispiel von vielfacher Resonanz darbieten. Um die Einzelheiten, in welche wir bereits eingetreten sind, abzukürzen und zu benutzen, wollen wir annehmen, die Saite gebe zugleich ihren Grundton und dessen Octave.

In einer ersten Abhandlung stellt Hr. Duhamel folgenden Satz auf: Wird ein Körper erschüttert durch mehrere Ursachen, die für sich die einfachen Töne erzeugen würden, welche er zu geben vermag, so theilt sich gewöhnlich die Oberfläche in eine gewisse endliche Zahl von Theilen, in deren jedem die Schwingungen ungleiche Dauer haben. Diese verschiedenen Dauern beziehen sich auf die den verschiedenen Ursachen entsprechenden Töne und man befindet sich in demselben Fall, wie wenn man mehre getrennte Flächen hätte, deren jede eine eigenthümliche Schwingungsbewegung besäße.

Bei der schwingenden Saite, welche den Grundton und dessen Octave giebt, ist die Mitte der einzige Punkt, dessen Schwingungen in Dauer von den der übrigen Punkte abweicht; ich finde hier nicht zwei endliche Saitenstücke, bei deren jedem die Schwingungen ungleiche Dauer hätten. Vielleicht wird man sagen, dass eins der beiden endlichen Stücke sich auf einen Punkt oder einen Umfang der Saitenmitte reducire; allein dann würde der Satz nichts Neues seyn bei Saiten. Uebrigens scheint mir diese Auslegung nicht zulässig zu seyn, denn nach dem Satz muss man sich in demselben Fall befinden, wie wenn man mehre getrennte Flächen hätte, deren jede eine besondere Schwingungsbewegung besäße; dann entspränge der Grundton lediglich aus den Schwingungen der Mitte der Saite d. h. eines ein-

zigen Punktes, und diese wären also unwahrnehmbar gegen die Schwingungen, welche die Octave geben. Bekanntlich aber kann der Grundton sehr stark seyn und, wie wir gesehen, erzeugt, nach der gewöhnlichen Theorie der Resonanz, die Saite diesen Ton, in dem sie mit allen ihren Punkten auf die Luft schlägt.

In derselben Abhandlung wiederholt Hr. Duhamel den obigen Satz in einem bedeutend anderen Sinn, indem er sagt, dass jeder Ton der Resonanz in einem oder mehreren Theilen der Oberfläche existire und darin allein merklich scheine. Die Isolirung jedes Theils ist also nicht absolut, sondern nur angenähert; allein bei dieser Auslegung erlaubt der Satz des Hrn. Duhamel der Saite den Grundton dadurch zu erzeugen, dass sie mit allen ihren Punkten gegen die umgebende Luft schlägt; nur die Stärke der Schläge variiert in der ganzen Ausdehnung der Saite und sie könnte in einem endlichen Stück der Saite, in Bezug auf andere Theile, sehr gross seyn. In diesem Sinn wäre der Satz nicht eben neu.

Im zweiten Theile seiner Abhandlung wird Hr. Duhamel deutlicher; er giebt den absoluten Sinn der ersten Form seines Satzes, d. h. das, was wahrhaft neu seyn würde, gänzlich auf, und nimmt an, was bei weitem nicht neu ist, dass es bei der vielfachen Resonanz eines Körpers, Stücke der Oberfläche gebe, die nur einen einzigen Ton zu liefern scheinen, obgleich man sich überzeugen kann, dass sie dennoch andere hervorbringen. Irre ich mich nicht, so will dies bei der schwingenden Saite sagen, dass die Mitte der Saite nicht direct zur Hervorbringung der Octave mitwirke, und dass die dieser Mitte nahe liegenden Theile nur in wenig merklicher Weise dazu beitragen.

Im zweiten Theile seiner Abhandlung adoptirt Hr. Duhamel die herkömmlichen Ideen über die vielfache Resonanz der Körper vollständig; allein er stellt sie unter einer ihm eigenen Form dar, die wir jetzt näher untersuchen wollen.

Er nimmt an, dass, wie jeder weiss, wenn eine Saite

den Grundton und dessen Octave angiebt, ihre Schwingungsbewegung aus zwei Bewegungen besteht, die der isolirten Erzeugung dieser beiden Töne entsprechen. Er sucht nicht experimentell zu beweisen, dass dem so sey; allein er zeigt, dass wenn die Bewegung der Saite so, wie oben gesagt, zusammengesetzt ist, daraus die gleichzeitige Empfindung des Grundtons und seiner Octave hervorgehen müsse.

Bei der gewöhnlichen Theorie der Resonanz, ist diese Folgerung gewissermaßen unmittelbar. Macht die ganze Saite eine Schwingung, so machen ihre beiden Hälften, die gleichzeitig schwingen, deren zwei, woraus folgt, dass sie die Luft während einer vollständigen Schwingung vier Mal schlägt. Allein die Schläge sind nicht identisch, sie ähneln einander nur paarweise; das Ohr ist empfindlich für diese periodische Wiederkehr ähnlicher Schläge und daraus entspringt die zusammengesetzte Empfindung, welche man vernimmt.

Hr. Duhamel betrachtet nicht direct die Stöfse, wie sie in Wirklichkeit statthaben, sondern er substituirt ihuen ein aequivalentes System. Statt der mit zusammengesetzter Bewegung begabten Saite, substituirt er zwei identische und sehr nahe Saiten, die beide einfache Schwingungen machen, die zu einander Octaven sind. Gewiss ist die der Luft eingeprägte Bewegung, man mag eine einfache Saite oder ein System von zwei aequivalenten Saiten haben, sehr nahe dieselbe und unser Organ muss in beiden Fällen auf gleiche Weise afficirt werden; denn man weiss, dass zwei benachbarte Saiten, von denen die eine die Octave der andern angiebt, zugleich die beiden Töne hören lassen, und man muss sie also bei aequivalenten Schwingungen der einzigen Saite ebenfalls wahrnehmen.

Wenn ich den Gesichtspunkt, auf welchen Hr. Duhamel sich stellt, wohl aufgefasst habe, so geht aus den obigen Entwicklungen hervor, dass derselbe, wie alle Physiker bisher, den Ursprung der vielfachen Resonanz in der Zusammensetzungsweise der Vibrationsbewegung der Körper findet. Um diese Abhängigkeit nachzuweisen, betrach-

ten die Physiker direct die verschiedenen Stöße, welche wirklich der Luft eingeprägt werden, während Hr. Duhamel den eine zusammengesetzte Schwingungsbewegung machenden Körper ersetzt durch ein aequivalentes System von einfachen Bewegungen, deren Eindruck auf unser Organ wohl bekannt ist.

Die vulgäre Theorie der vielfachen Resonanz ist directer als die des Hrn. Duhamel, weil man darin die Phänomene betrachtet wie sie natürlich entstehen; sie ist auch elementarer und folglich einfacher, weil man nicht nöthig hat, zu Sätzen zu greifen, von denen wenigstens einer nicht Jedermann geläufig ist. Aus diesen beiden Gründen scheint mir die gewöhnliche Theorie im allgemeinen vorziehbar zu seyn; doch glaube ich, daß die von Hrn. Duhamel aufgestellte Demonstration in gewissen verwickelten Fällen ihren Nutzen haben kann.

Mag man nun aber die eine oder die andere der beiden Theorien annehmen, so bleibt doch in Betreff der vielfachen Resonanz der Körper noch eine Schwierigkeit gänzlich zu lösen übrig. Und diese Schwierigkeit liegt darin, daß man die wahre Theorie des Violinbogens bisher noch nicht der Analyse zu unterwerfen hat.

Der Violinbogen erzeugt vier Haupt-Effecte. Er unterhält die Gleichheit des Tons so zu sagen so lange wie man will; er unterhält sogar jene schwachen Töne, die gewissermaßen unter den Fingern des Künstlers sterben, während die Töne, welche die Saiten bei bloßem Zupfen geben, zwar anfangs sehr stark sind, aber rasch abnehmen und bald ganz verschwinden. Der Bogen erlaubt, den Tönen verschiedene Stärke zu geben; er vermag ihnen besondere Eigenthümlichkeiten einzuprägen, indem er nebenbei die harmonischen Töne hervorruft, und er kann endlich einer Saite die verschiedenen harmonischen Töne isolirt entlocken. Durch diese Effecte ist der Bogen Herr und Meister der Töne.

Der Bogen wirkt demnach durch eine Reihe sanfter Stöße, die er der Saite einprägt. Durch ihre fortdauernde

Erneuerung unterhalten diese Stöße die Bewegung, die sich zu schwächen sucht; indem sie sanfter oder kräftiger werden, ändern sie die Amplitude der Vibrationen und demgemäß die Stärke der Töne; indem sie, unter gehörigen Umständen, an verschiedenen Theilen der Saite angebracht werden, können sie verschiedene Vibrationsweisen hervorrufen, die zu gesonderten oder gleichzeitigen harmonischen Tönen Anlaß geben.

Die vom Bogen ausgehenden Stöße folgen einander so rasch, daß man sich durch Betrachtung der Saite nicht von ihrem Daseyn überzeugen kann. Wenn indes der Druck des Bogens beträchtlich und seine Geschwindigkeit mäßig ist, so besitzen die Töne dieselben Kennzeichen, wie wenn sie von einer Reihe von Stößen herrührten. Ueberdies kann man dann ein Hüpfen wahrnehmen, welches den Augen die verschiedenen Stöße des Bogens sichtbar macht. Der Versuch erlangt einen höheren Grad von Beweisfähigkeit, wenn die Spannung der Saite schwach ist oder die Schwingungen langsam geschehen.

Macht man den oben angezeigten Versuch und ist das Hüpfen der Saite merklich, so hat man außer dem Grundton der Saite zwei Supplementar-Töne, welche die Grundtöne der durch den Bogen getrennten Saitenstücke sind.

Verringert man nach und nach den Druck des Bogens und vergrößert seine Geschwindigkeit, so wird das Hüpfen rascher, schwerer zu beobachten, und zugleich werden die beiden supplementaren Töne schwächer; so lange diese Töne aber anhalten, sind sie gleichsam Zeugen für die vom Bogen erregten Stöße. Endlich hört das Hüpfen auf merklich zu seyn, und dennoch machen sich die supplementaren Töne noch vernehmbar, zwar schwach, aber desungeachtet hinreichend hörbar, um bei einiger Aufmerksamkeit erkannt zu werden.

Das Reiben des Bogens erzeugt also eine Reihe von Stößen, aus denen alle Wirkungen dieses Instrumentes hervorgehen.

Man darf indes nicht glauben, daß sich diese Stöße in

regelmäfsiger Weise wiederholen, um den Ton zu unterhalten, denn man kann den Ton einer Saite unterhalten, wenn man sanft mit dem Finger auf dieselbe klopft und dabei diese Schläge fast in willkürlicher Weise erneut. Der einzige Unterschied, den man bemerkt zwischen den Tönen, die vom Bogen unterhalten werden, und denen, die durch Zupfen mit den Fingern, also durch eine Reihefolge von Stößen hervorgebracht werden, entspringt nur aus der Zartheit und Leichtigkeit der Stöße des Bogens.

Das Daseyn der supplementaren Töne, dieser unzweifelhaften Zeugen der Stöße des Bogens, ist sehr klar und sehr beweisend, sobald die Geschwindigkeit des Bogens gewisse Gränzen nicht überschreitet. In den Fällen, wo der Bogen sich mit der gewöhnlichen Geschwindigkeit bewegt, werden die supplementaren Töne so schwach, daß man die Wahrnehmung derselben einer Täuschung des vorgefasten Geistes zuschreiben könnte, wiewohl die Analogie alsdann die Schlüsse verstärkt. Allein wenn noch ein Zweifel übrig bliebe, so wäre es leicht ihn durch folgende Beobachtungen zu heben.

Wenn man eine Saite mit dem Bogen streicht, so machen seine Haare Querschwingungen. Um diels zu beweisen, braucht man nur die Haare mit einem einfachen Drahtring zu umgeben; durch seine Bewegungen während des Streichens macht dann dieser Ring die Vibrationen der Haare des Bogens sichtbar.

Die vom Drahtringe angezeigten Vibrationen sind sehr merkwürdig, sobald man den Bogen auf ein einziges Haar reducirt und, vor allem, sobald man die Haare ersetzt durch eine mit Harz eingeriebene Saite.

Gewöhnlich giebt man dem Bogen eine solche Spannung, daß der Ton, welchen jedes seiner Haare bei isolirtem Schwingen giebt, sehr tief ist gegen den, welchen er der Saite entlockt. Welche Spannung man aber auch den Haaren des Bogens oder den sie ersetzenden Körpern geben möge, so stellen sich doch die Querschwingungen immer ein und lassen sich stets durch das Experiment sichtbar

machen, so dass die Stöfse der schwingenden Saite gegen die Haare und folglich die Stöfse der Haare gegen die Saite unzweifelhafte Thatsachen sind.

Es wäre schwierig, *a priori* zu sagen, welchen Einfluss die Schwingungen des Bogens auf die Nettigkeit der Schwingungen der Saite und folglich auf die Reinheit der erregten Töne austübe. Dieser Einfluss ist wahrscheinlich nicht zu vernachlässigen. Wie bekannt, kann man nicht unterschiedlos einen Bass-, einen Cello- oder Violinbogen zu einem Instrument gebrauchen. Man weiß auch dass die Künstler bei der Auswahl aus Bogen gleicher Art mit großer Sorgfalt zu Werke gehen, und dass sie auch bestimmte Spannungen für die Haare wählen. Es wäre interessant, die Eigenschaften der Bogen einer Experimental-Untersuchung zu unterwerfen, und vielleicht gelangte man zu einem nützlichen Resultat für die praktische Musik. Ist der Ton schöner als in andern Fällen, wenn der Bogen eine solche Spannung hat, dass der Ton jedes einzelnen Haars um eine oder mehre Töne höher oder tiefer ist als der Ton der schwingenden Seite oder dessen harmonischer Ton?

Die analytische Lösung des Problems von schwingenden Saiten ist merkwürdig schön, und dennoch ist sie unvollständig. Um die erzeugten Effecte zu erklären, reicht es in der Praxis nicht aus, wie man es bei der Analyse gethan hat, seine Zuflucht zu sehr mannigfaltigen Anfangszuständen zu nehmen. Gewöhnlich ist der anfängliche Zustand ein Zustand des Gleichgewichts unter Einfluss der Spannung der Saite, und dennoch: welche Mannigfaltigkeit, die der Bogen hervorruft!

Die gewöhnliche Analyse reicht nicht einmal in dem sehr einfachen Falle aus, wo die Saite gezupft wird. Die Anfangsfigur und die Anfangsgeschwindigkeiten sind nicht willkürlich gegeben; sie hängen vom Stoß ab und können nicht eher bekannt seyn als bis man genau den Stoß kennt.

Die Schwierigkeit, welche die analytische Theorie des Bo-

Bogens und selbst der isolirten, durch Zupfen erzeugten Stöfse darbietet, liegt übrigens in der allgemeinen und bisher unübersteiglichen Schwierigkeit, das Phänomen des Stöfses einer genauen Analyse zu unterwerfen; denn bekanntlich hat man bisjetzt nur einen sehr besonderen Fall dieses Phänomens, den einzigen, den Poisson entwickelt hat, behandeln können.

Hr. Duhamel hat die Wirkung des Bogens nur unter dem oben angezeigten Gesichtspunkt betrachtet. Er betrachtet die Reibung des Bogens als aequivalent nicht einer Reihe von Stöfsen, sondern einem System von constanten Kräften. Nach dieser Betrachtungsweise würde ein Attractionscentrum neben der Saite, in solchem Abstande, dass die Verschiebungen comparativ unmerklich wären, den Bogen ersetzen können. Dies scheint auf den ersten Blick nicht eben wahrscheinlich. Wie dem auch sey, wenn die Theorie richtig ist, so muss sie alle Wirkungen des Bogens erklären und überdies müssen ihre Folgerungen mit den Ergebnissen der Erfahrung übereinstimmen.

Hr. Duhamel führt zur Bestätigung einen Versuch an, nach welchem er gefunden, dass ein kreisrunder Bogen oder vielmehr ein reibendes Rad bei Einwirkung auf eine gespannte Saite, diese aus der anfänglichen Gleichgewichtslage ablenkt, und sie, in einer sehr kurzen Zeit, in eine neue Gleichgewichtslage überführt, in welcher sie durch die Reibung erhalten wird, ohne dass die Saite weiter einen Ton giebt. Dies Resultat der Theorie und der Versuche des Hrn. Duhamel kann als negativ betrachtet werden gegen die sehr positive, dass die Leyermänner den Ton einer Saite ganze Stunden lang, wenn man es wünscht, unterhalten. Wenn Hr. Duhamel ein negatives Resultat erhalten hat, so liegt es wahrscheinlich daran, dass er das Rad nicht in die Umstände versetzt hat, wo es nach Art eines Bogens wirkt.

Uebrigens ist nicht leicht einzusehen, wie die Theorie des Hrn. Duhamel die vier Hauptwirkungen des Bogens

erkläre und wie sie Rechenschaft gebe von den Schwingungen, in welche die Haare des Bogens beim Streichen der Saite beständig gerathen.

VI. Ueber den Einfluss des Drucks auf die chemische Natur der plutonischen Gesteine; aus einem Schreiben an G. Rose von R. Bunsen.

Eine Arbeit über den innern Zusammenhang der vulkanischen Erscheinungen Islands hat mir zur Erörterung der Frage Veranlassung gegeben, ob und in wie weit dem Drucke ein Einfluss auf die Bildung und Natur der plutonischen Gesteine beizumessen sey.

Eine gröfsere Zahl sorgfältig ausgeführter Analysen der charakteristischen nicht metamorphen Gebirgsarten Islands hat zu dem unerwarteten Resultate geführt, dass die ursprünglichen Gesteine dieses und wahrscheinlich auch des Armenischen Vulkanensystems aus gesonderten oder combinierten Ergüssen nur zweier, von der speciellen Situation der jetzigen Vulkane unabhängiger Heerde abgeleitet werden können. Der eine dieser Heerde hat die trachytischen, der andere die pyroxenischen Gesteine geliefert, während aus beiden in Gemeinschaft eine Reihe von Mittelgliedern hervorgegangen ist, die man nicht unpassend unter dem Namen der tracheo-pyroxenischen zusammenfassen könnte. Dies Ergebniss findet in der chemischen Constitution der Gesteine eine directe Begründung; denn die rein trachytischen Massen einerseits und die rein pyroxenischen andererseits zeigen, soweit sie als Repräsentanten allgemein verbreiteter Gebirgsbildung gelten können, eine gleichbleibende nur hie und da durch leicht nachweisbare locale Ursachen gestörte Durchschnitts-Zusammensetzung, wie ver-

schieden auch immer ihre Lagerung, ihr Alter und ihre petrographische oder mineralogische Natur seyn möge. Man findet darunter oft, nicht die entfernteste Aehnlichkeit darbietende Gebilde, die deftungeachtet, wenn man sie im Ganzen ohne Rücksicht auf die darin vorkommenden Gemengtheile analysirt, eine gleich zusammengesetzte Silicatmasse darstellen, welche sich in der Natur bald zu glasigen Flüssen, bald zu steinartigen Bildungen, bald zu Aggregaten verschiedener bestimmt gesonderter Fossilien gestaltet hat. Das constante Sauerstoffverhältnis der Kieselerde und der Basen verhält sich in diesen rein trachytischen Gesteinen wie 3:0,58 und in den rein pyroxenischen nahe wie 3:2. Zwischen diesem saueren und basischen Extreme liegen die tracheo-pyroxenischen Gebirgsarten in der Mitte. Sie sind, ihrer Zusammensetzung nach, durch das Mischungsverhältnis jener extremen Glieder bestimmt, und diese Zusammensetzung lässt sich durch Rechnung annähernd vorausbestimmen, wenn nur einer der Gesteinsbestandtheile, am besten die Kieselerde, in Procenten gegeben ist. Es lässt sich aus diesem Ergebniss, dessen speciellere Begründung hier zu weit führen würde, der Schluss ziehen, dass sich ein und dasselbe Silicatgemenge von qualitativ und quantitativ gleicher Zusammensetzung zu Gebirgsarten von ganz verschiedener mineralogischer Beschaffenheit bei dem Erstarren gruppiren kann. Die petrographische Verschiedenheit in den Gebirgsbildungen setzt daher nicht immer eine entsprechende Verschiedenheit in der chemischen Constitution der feuerflüssigen Silicatlösung voraus, welche diese Bildungen veranlasse, vielmehr müssen dabei noch andere Einflüsse mitgewirkt haben. Es bietet sich daher sehr natürlich die Frage dar, ob die ungeheueren Druckkräfte, welche die feuerflüssigen Gesteine in Bewegung setzen und ihrer ganzen Masse nach zusammenpressen, unter diese Einflüsse zu zählen seyen.

Diese Frage wird unbedingt bejaht werden müssen, wenn sich der Beweis führen lässt, dass die Erstarrungstemperatur der Körper, gleich wie deren Kochpunkt, als

eine Function des auf ihnen lastenden Druckes betrachtet werden müsse.

Ich habe es versucht, diese Frage auf dem Wege des Versuches zu entscheiden:

Es wurde zu diesem Zweck ein sehr dickwandiges ungefähr fußlanges Glasrohr von strohhalmsdickem Lumen an dem einen Ende zu einer feinen 15 bis 20 Zoll langen, am andern zu einer nur 1½ Zoll langen, etwas weiteren Haarröhre ausgezogen, das längere Haarrohr darauf mit Hülfe eines daran gelegten Spiegelmafsstabes calibrirt, und das kürzere so umgebogen, daß es, dem untern Theile der Glasröhre parallel, aufwärts stand. Der getrocknete zuvor erhitzte Apparat wurde nun durch Aufsaugen mit ausgekochtem Quecksilber völlig gefüllt, und das lange Capillarrohr oben zugeschmolzen. Nach dem Erkalten ist es leicht durch gelindes Erwärmen eine kleine Menge Quecksilber aus dem untern aufwärts gebogenen Röhrchen auszutreiben und dafür, indem man wieder abkühlt, eine kleine Menge der zu prüfenden geschmolzenen Substanz eintreten zu lassen. Hat man darauf auch dies untere Haarröhre mit dem Löthrohr verschlossen, so öffnet man das obere wieder, und erwärmt den Apparat ungefähr 1° bis 2° C. über den Schmelzpunkt der darin befindlichen Substanz, wobei ein Theil des Quecksilbers aus der offenen Spitze ausfließt. Ist endlich nach dem abermaligen Abkühlen der Stand des Quecksilbers in der Capillarröhre nebst Thermometer- und Barometerstand notirt, und darauf die Spitze durch eine feine Löthrohrflamme abermals geschlossen, so kann man zu dem Versuche selbst schreiten. Man befestigt zu diesem Zweck zwei solcher Apparate von ganz gleicher Form und Füllung, den einen mit offener, den andern mit geschlossener oberer Capillarröhre, sammt einem empfindlichen Thermometer dergestalt auf ein kleines Brett, daß die beiden mit der zu prüfenden Substanz gefüllten Röhrchen dicht neben der Thermometerkugel stehen, und senkt den Apparat, zunächst nur so weit als diese Röhrchen reichen, in Wasser, dessen Tem-

peratur einige Grade über dem Schmelzpunkt der Substanz liegt. Sieht man, daß die Erstarrung gleichzeitig in beiden Röhrchen genau bei derselben Temperatur erfolgt, so wiederholt man den Versuch nur mit dem Unterschiede, daß der Apparat tiefer in das durch Umrühren stets gleichmäßig warm erhaltene Medium eingesenkt wird. Es erzeugt sich dadurch in Folge der Ausdehnung des Quecksilbers im verschlossenen Instrument ein Druck, welcher an der Zusammenpressung der Luft im Capillarrohr leicht gemessen, und durch Einsenken oder Emporziehen des Instrumentes aus der Erwärmungsflüssigkeit beliebig gesteigert oder vermindert werden kann. Der Druck in dem offenen Instrumente bleibt dagegen während der ganzen Dauer der Erwärmung unverändert derselbe. Die Temperaturdifferenz, um welche die Substanz im verschlossenen Instrumente eher erstarrt als im offenen, giebt die Schmelzpunktserhöhung für den beobachteten Druck.

Ein mit Wallrath angestellter Versuch gab folgendes Resultat:

Druck in Atmosphären.	Erstarrungspunkt in Centesimalgraden.
1	47°,7 C.
29	48°,3
96	49°,7
141	50°,5
156	50°,9.

Derselbe Versuch mit Paraffin wiederholt gab:

Druck.	Erstarrungspunkt.
1	46°,3 C.
85	48°,9
100	49°,9.

Das Verhältniß der beobachteten Temperatur läßt sich bis auf 0°,1 C. verbürgen; die beobachteten Druckkräfte dagegen können um einige Atmosphären ungenau seyn, da das Capillarmanometer bei diesen Messungen sehr kurz, und auf die kleine im Hohlraum desselben durch den vermehr-

ten Druck bewirkte Volumvergrößerung noch keine Rücksicht genommen war.

Man kann die Verrückung des Schmelzpunktes mit diesem kleinen Instrumente auf eine noch anschaulichere Weise sichtbar machen. Taucht man dasselbe nämlich mit der unteren Spitze in Wasser von einer Temperatur, die 1° bis 3° über dem Schmelzpunkt der zu prüfenden Substanz liegt, so schmilzt dieselbe im offenen wie im geschlossenen Instrumente, weil in beiden der Druck gleich ist; senkt man darauf den Apparat ganz in das erwärmende Medium ein, so erstarrt die Substanz durch den nun eintretenden Druck im geschlossenen Instrumente wieder, während sie im offenen unverändert flüssig bleibt.

Obgleich das physikalische Gesetz der Abhängigkeit des Schmelzpunktes vom Druck aus diesen wenigen vorläufigen Versuchen nicht einmal annähernd ersichtlich ist, so lässt sich doch daraus bereits soviel mit Bestimmtheit abnehmen, dass ein Körper bei Druckdifferenzen von kaum 100 Atmosphären seinen Schmelzpunkt um mehrere Centesimal-grade ändern kann. Hält man nun die schon nicht weniger als 400 bis 500 Atmosphären betragende Pressung, welche ungefähr zur Sprengung der 3 Millimeter dicken Wandung einer 2 Millimeter weiten Glasröhre erfordert wird, mit jener gewaltigen Druckkraft zusammen, welche die Feste ganzer Continente erschüttert oder emporhebt, und sich in meilenlangen Lavaströmen und Aschenstrahlen an den Vulcanen Bahn bricht, so wird man die Ueberzeugung nicht abweisen können, dass solche Kräfte sich nur nach Tausenden von Atmosphären messen lassen. Dann aber müssen auch nothwendig die solchen Druckeinwirkungen ausgesetzten feuerflüssigen Gesteine, je nach dem Wechsel des Drucks, ihre Erstarrungstemperatur um Hunderte von Graden ändern können. Man begreift daher leicht, dass Feldspath, Glimmer, Hornblende, Augit, Olivin etc., welche unter einem bestimmten Druck bei einer gewissen Temperatur aus dem silicatischen Lösungsmittel erstarrten, unter verändertem Druck bei ganz anderen Temperaturen auskristallisiren

werden. Und wenn die Verrückung des Schmelzpunktes, wie es obige Versuche bereits andeuten, bei verschiedenen Körpern für gleiche Druckdifferenzen eine verschiedene ist, so wird sich unter Umständen selbst die Reihenfolge der Ausscheidungen, ja es werden sich diese Ausscheidungen selbst, ihrer chemischen Constitution nach, durch den bloßen Druck ändern können.

Man wird es daher als ausgemacht betrachten dürfen, dass der Druck auf das Festwerden der platonischen Gebirge und auf die chemische Constitution der darin austretenden Gemengtheile einen grossen, vielleicht noch grösseren Einfluss ausgeübt hat, als selbst die Verhältnisse der Abkühlung ¹⁾).

Marburg, den 2. November 1850.

VII. *Ueber Weibye's Atheriastit;*
von J. Fr. L. Hausmann.

Die von Weibye im 79. Bande dieser Annalen S. 302 gegebene Beschreibung des von ihm mit dem Namen *Atheriastit* belegten Minerals von Arendal lässt mit Sicherheit erkennen, dass dieser bisher für eine Abänderung des *Skapolithes* angesprochene Körper das von Haüy mit dem Namen *Wernerit* belegte ²⁾), und von seinem *Paranthine*, dem *Skapolithe* der Auctoren, auch noch in der zweiten Auflage seiner Mineralogie ³⁾ unterschiedene Fossil ist. Es muss hierbei bemerkt werden, dass das von d'Andrade ursprünglich mit dem Namen *Wernerit* bezeichnete nordische Mineral ⁴⁾, nicht Haüy's *Wernerit* ist, dass aber von den

1) Die Versuche des Hrn. B. sind noch in sofern von besonderem Interesse, als sie den ersten experimentellen Beweis von dem S. 168 dieses Bandes erwähnten theoretisch aufgefundenen Satz liefern. P.

2) *Traité de Min.* 1. Ed. II. p. 586.

3) *Traité de Min.* 2. Ed. II. p. 582.

4) Scherer's Journ. IV. S. 38.

Körpern, welche Schumacher Wernerit nannte, die dunkel lauchgrüne — richtiger seladongrüne — Abänderung¹⁾ mit Haüy's Wernerit übereinstimmt. Ich habe Gelegenheit gehabt mich in Kopenhagen hiervon zu unterrichten, wo mich auch der verewigte Justizrath Manthey, durch den Haüy den Wernerit von Arendal erhalten hatte, darüber belehrte, welches Mineral von ihm mit diesen Namen bezeichnet worden. Eine ausführliche Auseinandersetzung des hier kurz Mitgetheilten findet sich in meinen Bemerkungen über Skapolith und Wernerit, im Magazin der Gesellschaft naturforschender Freunde zu Berlin, III. S. 201 ff., wo ich auch die Gründe entwickelt habe, weshalb ich Haüy's Wernerit nur für eine Varietät des *Skapolithes* ansehen könne. Diese Ansicht, welcher auch ich in meinem Handbuche der Mineralogie gefolgt bin, wo ich Haüy's Wernerit zur dichten Abänderung der von mir nach dem Vorgange v. Leonhard's mit dem Namen Wernerit belegten Mineralspecies, des *Skapolithes* der Auctoren, gezählt habe, ist in neuerer Zeit bekanntlich die allgemeine geworden. Ich würde auch jetzt noch bei dieser Ansicht beharren, wenn nicht das Resultat der Berlin'schen Analyse von der Art wäre, dass es nicht wohl zulässig ist, Weibye's *Atheriastit* noch länger zum *Skapolithe* zu zählen. Auffallend ist dabei die nahe Uebereinstimmung der Kry stallisation beider Fossilien. Weibye giebt den Kantenwinkel des Quadratoctaëders zu 135° an, der nach Haüy's $136^\circ 38'$ beträgt. Nach jener Angabe würde der Grundkantenwinkel $65^\circ 32'$ betragen, wogegen er nach Haüy $62^\circ 56'$ misst. Da sich diese Angaben auf Messungen mit dem Anlegegeoniometer gründen, so kann die Differenz nicht bedeutend erscheinen. Nach Haüy beträgt die Neigung der Flächen des Quadratoctaëders gegen die Flächen des quadratischen Prismas (E), gegen welche sie gesetzt sind, $121^\circ 28'$. Davon weicht die Messung jenes Winkels an einem mir zu Gebote stehenden Krystalle nicht bedeutend ab, indem

1) Verzeichniß der i. d. dänisch-nordischen Staaten sich findenden Mineralien. S. 84.

solche $121^{\circ} 45'$ ergab, wonach die Grundkantenwinkel des Quadratoctaëders $63^{\circ} 30'$ und der Seitenkantenwinkel $136^{\circ} 18'$ betragen würde. Mohs gibt bei dem *Pyramidalen Feldspath* (*Skapolith*, *Meionit*) den ersten Winkel zu $63^{\circ} 48'$, sowie den zweiten zu $136^{\circ} 7'$ an. Nach Breithaupt misst der Grundkantenwinkel des *Skapolithes* $63^{\circ} 32'$, der Seitenkantenwinkel mithin $136^{\circ} 18'$. Diese Angaben weichen so wenig von den Winkeln des *Wernerites* ab, dass eine wesentliche Verschiedenheit der Krystallisationssysteme von *Wernerit* und *Skapolith* wohl nicht angenommen werden kann. In dem Habitus der Krystalle weicht der *Atheriastit* vom *Skapolithe* ab. Bei jenem stellt sich die Combination 8 P. 4 B. 4 E. (*Haüy, Traité Pl. 75. Fig. 182*) in kurzen und verhältnismäfsig dicken Individuen dar, wogegen die Krystalle des *Skapolithes* lang und schlank zu seyn pflegen. Die Krystalle, welche ich besitze und in den Kopenhagener Sammlungen gesehen habe, sind an beiden Enden auskrystallisiert und eingewachsen; wogegen die *Skapolithkrystalle* gewöhnlich aufgewachsen und daher nur an einem Ende vollkommen ausgebildet zu seyn pflegen. Die Krystallflächen des *Atheriastits* sind eben und glatt, dabei aber matt oder wenig wachsartig glänzend. Dabei erscheinen Kanten und Ecken, wie auch *Weibye* bemerkt hat, oft wie geschmolzen. Nach demselben besitzt der *Atheriastit* eine vollkommene Theilbarkeit nach dem zweiten quadratischen Prisma, welches mit den Blätterdurchgängen des *Skapolithes* nicht im Widerspruche steht, wie wohl die mehrsten Abänderungen des letzteren leichter und vollkommener sich spalten lassen als jenes Mineral, und zwar nach beiden quadratischen Prismen. Der splittrige, in das Unebene übergehende Bruch ist bei dem *Atheriastit* hervorstechender als bei den mehrsten Abänderungen des *Skapolithes*. Durch die Undurchsichtigkeit und den geringeren Glanz gewinnt jenes Mineral besonders ein von dem *Skapolithe* abweichendes Ansehen. Nach *Haüy* ist der *Wernerit* olivenfarbig, nach *Schumacher* dunkel lauchgrün; *Weibye* bezeichnet die Farbe des *Atheriastits* als

ein gewöhnlich etwas schmutziges Spangrün; richtiger ist sie aber wohl für ein Seladongrün anzusprechen. Das spezifische Gewicht ist von Weibye nicht angegeben. Leider gestatten auch die in meinem Besitze befindlichen Stücke die Bestimmung desselben nicht. Nach Haüy soll das spezifische Gewicht des Wernerites 3,6063 seyn; ohne Zweifel hat er diese Angabe von d'Andrade entlehnt, dessen Wernerit jedoch, wie oben bereits bemerkt worden, verschieden von dem Haüy'schen Fossile ist. Schumacher hat das eigenthümliche Gewicht seines *dunkel lauchgrünen Wernerits* zu 2,857 bestimmt. Hiernach würde es ein wenig höher als das spezifische Gewicht des *Skapolithes* seyn. Die Härte des *Atheriastites* ist entschieden größer als die des *Skapolithes*, indem verschiedene Abänderungen des letzteren von dem ersten geritzt werden. Die Härte ist nur wenig geringer als die des Feldspathes.

Zur Unterscheidung von *Skapolith* und *Atheriastit* kann besonders das abweichende Verhalten vor dem Löthrohre dienen. Reine und frische Abänderungen des ersten geben, im Kolben erhitzt, kein Wasser aus, wogegen bei dem letzteren ein nicht unbedeutender Wassergehalt sich zu erkennen giebt. Der reine *Skapolith* zeichnet sich vor dem Löthrohre durch starkes Blasenwerfen, durch einen hellen phosphorischen Schein, und durch die leichte Schmelzbarkeit zu einem weissen, blasigen Glase aus, wogegen der *Atheriastit* aufberstet und dann leicht zu einem dunkelbraunen Glase schmilzt. Beide Fossilien lösen sich im Boraxglase auf, aber der reine *Skapolith* ohne einen Eisengehalt zu zeigen, wogegen der *Atheriastit* auf Eisen reagirt.

Durch dieses abweichende Verhalten wird schon die verschiedene Mischung angedeutet, wie sie die Berlin-sche Analyse ergeben hat. Haüy führt bei seinem *Wernerit* eine Analyse von John an, die indessen von dem durch Berlin erhaltenen Resultate bedeutend abweicht. Wenn nun dieses die Mischung des *Atheriastits* als eine von der des *Skapolithes* wesentlich verschiedene erscheinen

lässt, so ist dabei doch die Uebereinstimmung der Kry-
stallisation auffallend. Hierin, so wie in dem Vorhanden-
seyn eines Wassergehaltes, scheint eine Andeutung zu lie-
gen, dass der *Atheriastit* sich auf ähnliche Weise zum *Skapolithe* verhalte, wie der *Aspasiolith* zum *Dichroite*. Die Mineralogen, welche annehmen, dass der *Aspasiolith* durch eine Metamorphose aus dem *Dichroite* entstanden sey, werden vielleicht geneigt seyn, den *Atheriastit* für eine pseudomorphosische Bildung nach *Skapolith* anzusehen. Doch scheint mir für eine solche Annahme kein zureichen-
der Grund vorhanden zu seyn. Lehrreich würde die Untersuchung seyn, in welchem Verhältnisse die Atomvolume des *Atheriastits* und *Skapoliths* zu einander stehen. Dazu würde aber einerseits eine genaue Bestimmung des speci-
fischen Gewichtes des ersteren, und andererseits eine Auf-
klärung der Widersprüche vorangehen müssen, welche un-
ter den Resultaten der chemischen Analysen des letzteren noch stattfinden.

Der *Atheriastit* gehört zu den seltensten skapolithartigen Fossilien. An den Stücken, welche in meinem Besitze sind, befinden sich die Krystalle und die gerundeten Körner in einem grobkörnigen Gemenge von fleischrothem Feldspath, graulichweissem Bergkrystall, schwarzem körnigen Granat und schwarzem körnigen Augit eingewachsen.

Schliesslich erlaube ich mir die Meinung auszusprechen, dass es mir passend scheint, den ursprünglich von Haüy jenem Minerale gegebenen Namen beizubehalten, und da-
gegen mit dem Namen *Wernerit* künftig nicht mehr, wie es von einigen Mineralogen und von mir selbst geschehen, den *Skapolith* zu bezeichnen.

Göttingen, den 1. Dec. 1850.

VIII. *Einige neuere Beobachtungen über metallischen Schiller, der auf künstlich durch Aufstreichen weicher Krystalle auf eine feste Unterlage erhaltenen Flächen sichtbar wird;*
von Wilhelm Haidinger.

(Aus den Berichten der Wiener Akademie, vom Hrn. Verf. mitgetheilt.)

Sir David Brewster hatte (Pogg. Ann. 1846 Heft 12) die freien Schuppen von *chrysamminsaurem Kali* auf eine Unterlage mit einem Messer aufgestrichen, um die merkwürdigen metallischen Farbentöne zu untersuchen. Es schien natürlich ungemein wichtig, diese mit der früher erwähnten so nahe verbundenen Beobachtung mit demselben zu vergleichen. Vorzüglich wäre es freilich wünschenswerth gewesen, die von Brewster erwähnten Krystalschuppen selbst wieder zu haben. Allein obwohl es auf Bergrath Haidingers Bitte Hrn. Fr. v. Hillebrand, Assistenten am k. k. General-Münz-Probiramte, vollkommen gelang, dieses merkwürdige Salz selbst darzustellen, so fielen die Krystalschuppen doch zu klein aus, um den Schiller auf den Krystallflächen zu orientiren. Eine Partie derselben wurde also, um doch wenigstens die von Brewster beschriebenen Erscheinungen vergleichend zu beobachten, auf rauhes Glas aufgetragen und sorgfältig in einer Richtung glatt gestrichen. Nach Brewster folgen die Farben bei verschiedener Elevation der Beobachtung im polarisirten Lichte, wie folgt:

<i>O</i> bei allen Incidenzen bläulich weiß.	} Oberes Bild
<i>E</i> bei kleiner Incidenz goldgelb, bei größerer tiefer gelb, grünlichgelb, grün, grünlichblau, blau- und nelkenroth.	
	} Unterer Bild

der dichroskopischen Lupe.

Von einer Verschiedenheit der Erscheinung in verschiedenen Azimuten wird nichts erwähnt. Allein in der Wirklichkeit findet eine solche höchst merkwürdige Verschiedenheit allerdings statt und es lässt sich eine Erscheinung beobachten, die nach den bisherigen Erfahrungen wohl bei Krystallen, aber nicht bei nur mechanisch ausgebreiteten Körpertheilchen zu vermeiden gewesen wäre.

Bei ziemlich senkrechtem Lichteinsfall erscheint dem bloßen Auge die Farbe metallisch, von einem Mittel zwischen Speisgelb und Stahlgrau. Aber diese Farbe wird durch die dichroskopische Lupe deutlich zerlegt in ein *metallisches Messinggelb*, das senkrecht auf die Fasern des Striches und in ein metallisches Stahlgrau, in das Violette geneigt, das in der Richtung der Fasern polarisiert ist.

Bei geneigter Lage der aufgestrichenen Blättchen erscheinen sie schon dem bloßen Auge in der Querstellung mehr gelblichgrün, in der Längsstellung mehr stahlgrau. Stärker wird der Gegensatz bei Anwendung der dichroskopischen Lupe: da erscheint dann in der *Längenstellung* das obere Bild *O*, vom Stahlgrauen ins Violette geneigt anzufangen, bei größeren Einfallswinkeln immer heller und heller weiß und glänzend; das untere Bild *E* geht durch Goldgelb, Messinggelb, die metallischen gras-smaragd- und spangrünen Töne, in ein metallisches Erden- und dunkles Indigoblau. Zuletzt glänzen auch die untern Bilder ohne Farbe, doch weniger als die oberen. In der *Querstellung* dagegen erscheint das obere Bild *O* messinggelb metallisch und nimmt bei größeren Einfallswinkeln an Glanz zu. Das untere Bild *E* zeigt dagegen *keine Spur von Grün*; es geht aus dem Violett-Stahlgrauen durch ein deutlicheres Violett und Blau in dunkel Indigoblau über, dem bei guter Politur noch ein schwaches Violett und sodann Roth folgt.

Hat man eine Lage des chrysaminsauren Kalis hinlänglich dünn in einer Richtung aufpolirt, so erscheint auch im durchfallenden Lichte ein sehr deutlicher von Brewster ebenfalls bezeichneter Dichroismus. Bei der vertikalen Stellung der Strichfasern ist dann das obere Bild *O*

fleisch- bis blutroth, das untere Bild *E* karmin- bis karminroth, nach Maafgabe der Dicke.

Erscheinungen, welche bisher lediglich durch Krystallisation bedingt wahrgenommen wurden, finden sich also hier auf einmal durch mechanische Anwendung hervorgebracht.

Das chrysamminsäure Kali sollte nicht lange der einzige Körper bleiben, der diese Art des Flächenschillers zeigt. Hr. Hofrath Wöhler in Göttingen theilte kürzlich Hrn. Bergrath Haidinger eine Probe des zuerst von Knop in seinem Laboratorium dargestellten Kalium-Platin-Cyanür-Cyanides mit, das eine ähnliche Eigenschaft besitzt. In der *Querstellung* ist das obere Bild *O* metallisch-violett, bei grösseren Elevationen mehr in Purpurfarbe und Rothe ziehend, das untere *E* kupferroth mit wenig Glanz; in der Längenstellung ist das obere Bild *O* stahlblau, das untere *E* kupferroth mit ziemlich viel Glanz.

Andere Eigenschaften dieser Krystalle mögen hier vorläufig übergegangen werden, nur möge kürzlich erwähnt werden, dass die *Seitenflächen* ihrer vierseitigen Prismen im gewöhnlichen Lichte *kupferroth*, die *Endflächen* schön *goldgelb* sind, deutlicher noch im polarisirtem Licht der *di-chroskopischen Lupe*.

Mehrere andere Körper, die zu dem Zwecke der Untersuchung aufgestrichener Flächen vorgenommen wurden, zeigten gleiche Erscheinungen in allen Azimuten, keine Differenz- noch Längen- oder Querrichtung; so gab Magnesium-Platin-Cyanür und das aloëtinsäure Kali einen blauen, das Murexid und das grüne Hydrochinon einen grünen Schein senkrecht auf die Einfallsebene des polarisirten Lichts.

Dieser Unterschied ist sehr bemerkenswerth. Die Verhältnisse der ersten Körpern aber, welche durch *mechanische* Anwendung eine Klasse von Erscheinungen hervorbringen, welche der durch Gruppierung der Körpertheilchen durch Krystallisation ganz analog sind, verlangen, dass man den krystallirten Körpern nicht unbedingt aber auch nicht ausschliesslich eine *Gestalt* der *kleinsten Theilchen* zuschreibe.

**IX. Luftfahrt der HH. Barral und Bixio am
27. Juli 1850 zu Paris.**

Die *Comptes rendus* enthalten in No. 5 des T. XXXI. ein Paar Berichte über diese Luftfahrt, aus denen wir glauben das Nachstehende hervorheben zu müssen. Gleich einer früheren, am 29. Juni d. J. unternommenen Fahrt, die durch das Reisen des Ballons in 5900 Meter Höhe ein erfolgloses, obwohl für die Luftschiffer immer noch ziemlich glückliches Ende nahm, hatte die gegenwärtige einen wissenschaftlichen Zweck, den: Beobachtungen über den Einfluss der Sonnenstrahlung, die Temperatur und Feuchtigkeit der Atmosphäre u. s. w. anzustellen, und Luftportionen aus verschiedenen Höhen zum Behufe einer chemischen Untersuchung herunter zu bringen, und demgemäß waren die Beobachter mit allen dazu erforderlichen Instrumenten sehr reichlich versehen. Leider waren aber die atmosphärischen Umstände dem Unternehmen wenig günstig, denn der Himmel, welcher bis Mittag vollkommen rein gewesen, begann um 1 Uhr, als die Füllung des Ballons vollendet war, sich zu beziehen und alsbald trat ein Regen ein, der bis 3 Uhr in wahren Strömen herabfiel. Erst um 4 Uhr, als der Himmel noch ganz bedeckt war, konnte die, der Kosten wegen, nicht länger aufschiebbare Fahrt begonnen werden.

Vielleicht waren es aber gerade diese atmosphärischen Umstände, welche den HH. Barral und Bixio Gelegenheit gaben, die abnormalen Temperaturverhältnisse zu beobachten, welche die größte Merkwürdigkeit ihrer Reise ausmachen. Ihre Beobachtungen ergaben nämlich folgendes:

Beobachtung <i>Nr.</i>	Zeit.	Barometer auf 0° red.	Thermometer. Centesimal.	Höhe. Meter.
1	4 ^b 6'	694,7	+ 16°,0	757
2	4 8	674,96	+ 16°,0	999
3	4 9 ¹ ₂	655,57	+ 13°,0	1244
4	4 11	636,68	+ 9°,8	1483

Beobachtung Nr.	Zeit.	Barometer auf 0° red.	Thermometer. Centesimal.	Höhe. Meter.
5	4 ^h 13'	597,73	+ 9,0	2013
6	4 15	558,7	+ 9,0	2567
7	4 20	482,2	- 0,5	3751
8		405,41	- 7,0	5121
9	4 25	{ 347,75 367,04 }	{ - 10,5 - 9,8 }	6330 5902
10	4 45	338,05	- 35,0	6512
11	4 50	315,02	- 39,0	7016
12	5 2	436,40	- 9,0	4502
13	5 7	483,16	- 7,0	3688
14	5 10	540,39	- 3,0	2796
15	5 12	559,70	- 1,0	2452
16	5 14	582,90	0	2185
17	5 16	{ 598,5 618,0 }	+ 1,8	{ 1973 1707 }

Kurz nach ihrem Aufsteigen sahen sich die Luftschiffer in einen leichten Nebel eingehüllt. Bei der Beobachtung No. 5 breiteten sich Wolken unter ihnen aus, die ihnen Paris verdeckten; zugleich spürten sie einen frischen Wind. Bei No. 8 kamen sie in einen dicken Nebel und die Erde verschwand ihnen gänzlich. Bei No. 9 wurde der Nebel etwas lockerer, so dass er ein weisses schwaches Sonnenbild sehen ließ; zugleich fielen äußerst feine Eisnadeln herab und sie erblickten *senkrecht unter der Sonne ein zweites Sonnenbild*; dies war ebenso hell wie das erste und machte mit der durch die Gondel gehenden Horizontalebene einen Winkel von 30° nach unten, wie jenes denselben nach oben machte. Kurz hernach erhoben sie sich aus der Wolkenschicht und die Temperatur sank rasch auf -23°,79 C. Bei No. 10 war der Himmel heiter und sie hatten Gelegenheit zu beobachten, dass das Blau desselben stark polarisiert war.

Die ungemein niedrige Temperatur bei No. 11 konnte mit dem Thermometer, welches zu den übrigen Beobachtungen diente, nur annähernd bestimmt werden, da dasselbe nur bis -37° C. getheilt war. Allein sie wurde bestätigt durch die Angabe eines Walferdin'schen Ausflussthermometers, das in einer durchlöcherten und versiegelten Blech-

Blechbüchse mitgenommen worden war. Dies Thermometer, welches nach vollendeter Luftfahrt von den HH. Regnault und Walferdin seiner Hülle entkleidet und sorgfältig untersucht wurde, ergab für das in der Höhe von 7016 Meter beobachtete Temperaturminimum den Werth $-39^{\circ}67$ C. ($31^{\circ}74$ R.). Trotz dieser außerordentlichen Kälte erlitten die Beobachter kein sonderliches Ungemach; um $5^{\text{h}} 30'$ langten sie wohlbehalten wieder an.

Die Höhen sind, mit Hinzuziehung gleichzeitiger Beobachtungen auf der Pariser Sternwarte, von Hrn. Matthieu berechnet. Bei den anomalen Temperaturverhältnissen, die während der Luftfahrt in der Atmosphäre stattfanden, ist indefs auf diese Berechnungen kein grosses Zutrauen zu setzen, und namentlich muss es unentschieden bleiben, ob die HH. Barral und Bixio die vor Zeiten von Gay-Lussac erreichte Höhe überstiegen oder nicht. Der Ballon war übrigens mit Wasserstoffgas gefüllt, nicht, wie jetzt gemeiniglich geschieht, mit Steinkohlengas.

**X. Merkwürdiger Blitzschlag; beobachtet von
Hrn. Grebel,**

Oberlehrer d. Mathematik zu Zeitz.

Unterhalb Zeitz, am linken Ufer der Elster, ist ein flacher Wiesengrund, der hin und wieder mit Bäumen und Strauchwerk bestanden ist. In einen Baum einer vereinzelten Gruppe schlug an einem Tage der Pfingstwoche, d. h. ungefähr 2 Uhr Nachmittags, der Blitz und nahm einen ungewöhnlichen Weg. Da ich erst nach ungefähr einem Monat davon erfuhr, so war das Datum um so weniger noch zu ermitteln, als in der ersten Hälfte der Pfingstwoche täglich hier Gewitter vorkamen; vermutlich fand der in

Rede stehende Blitzschlag am 20. Mai d. J. statt. Der getroffene Baum ist eine Erle, ungefähr 58 rh. Fuss hoch, in deren Nähe sich einige andere Erlen befinden, von denen eine benachbarte Erle selbst etwas höher ist. Der Blitz hatte bei etwa ein Drittel der Grösse unter dem Gipfel, bei einem Aststummel angesetzt und war spiralförmig in reichlich zwei Windungen gleichmäsig um den Stamm nach unten bis nahe zum Boden gegangen. Rinde und Bast waren längs des ganzen Wegs abgesprengt und im Splinte eine Rinne ausgesplittert, nicht ausgebrannt, welche $1\frac{1}{4}$ Zoll breit und $\frac{1}{2}$ Zoll tief war. Die zu beiden Seiten hin und wieder noch anhängenden Splitter wiesen deutlich auf eine von oben nach unten wirkende Gewalt. Die Rinne hörte 2' 10" vom Boden auf, die Rinde war noch auf 1' 7" weiter abgesprengt, reichte aber auch nicht bis zum Boden. Weiter ließ sich keine Spur des Blitzschlages auffinden. Nirgends Brandspuren. Die Windung der Spirale ist schraubenrechts; wenn also ein positiver Strom seinen Weg von oben nach unten genommen, und im Innern ein Eisenstab gelegen hätte, so würde sein unteres Ende ein Nordpol, sein oberes Ende ein Südpol geworden seyn.

Zeitz, den 27. October 1850.

*XI. *Glaukodot, von einem neuen Fundort;*
*von A. Breithaupt.**

Durch Hrn. Doctor Bondi erhielt ich ein Stück von Orawitza im Banat, welches ein Gemeng von drei Mineralien ist. Die Hauptmasse macht ein gelblichweisser bis bläss gelber Kalkspath aus, welcher, härter als alle mir bekannten Kalkspäthe, doch nur das specifische Gewicht = 2,728 hat. Er überdeckt zwei andere Mineralien, 1) den

Glaukodot, hier aus dünnstänglich zusammengesetzten Stücken bestehend, übrigens aber von allen wesentlichen Eigenschaften, (namentlich von der deutlichen basischen Spaltbarkeit), wie ich solche von diesem Mineral aus Chile angegeben habe. Der Etiquette, welche denselben einen „strahligen Kobaltglanz“ nennt, war noch das Resultat einer Analyse von Hrn. Patera beigefügt:

Schwefel 19,78

Arsen 43,63

Kobalt 32,02

Eisen 4,56.

Hier ist nur der Eisengehalt etwas geringer als in der Plattner'schen Analyse vom Glaukodot. In dieser Abänderung von Orawitza ist auch noch Gold enthalten.

2) Ein ganz dünn tafelartig krystallisiertes metallisch dunkelgraues Mineral, sehr hart, welches ich für Glanzeisenerz hielt, aber damit nicht übereinstimmt, weil es ein schwarzes Pulver giebt. Hiervon besitze ich zu wenig, um es näher untersuchen zu können. An den Saalbändern des ganzen Gemenges sitzt etwas ganz mürber aufgelöster Thonschiefer, welcher sich zum Theil durch Wasser wegwaschen ließ.

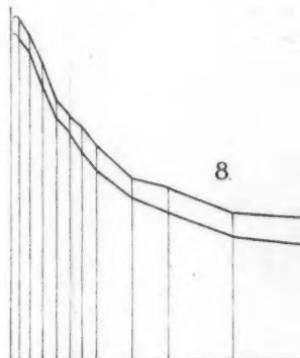
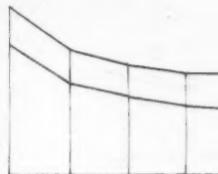
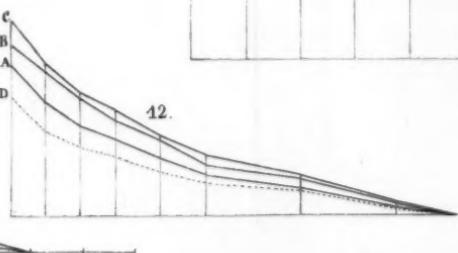
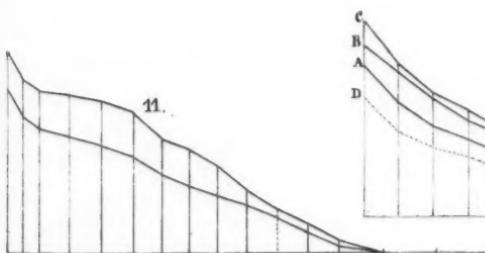
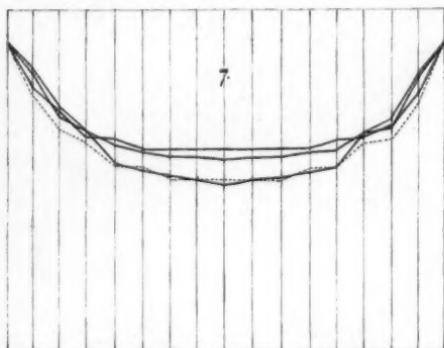
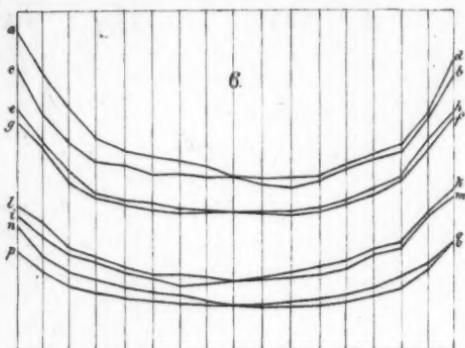
XII. Eishöhle in den Saalbergen.

In den Saalbergen, am Eichert, den Bleibergen gegenüber, zwischen Saalburg und der Burgk, ist eine nicht sehr umfangreiche Stelle, an welcher sich in den Sommermonaten, vom Juni bis Mitte August, auf der Oberfläche der Erde Eis bildet, und zwar nicht in einer Schlucht, oder an der Nordseite, oder im tiefen Schatten, sondern in einer kleinen Aebenung des Berghanges, gegen Westen, unter ei-

ner sehr mässigen Beschattung. Das Eis lag, nach Augenzeugen, im Juli so stark, daß es vom jenseitigen Ufer deutlich erkannt wurde, war über $\frac{1}{2}$ Schuh stark, und wich weder dem Regen noch dem Sonnenschein. In Mitte August fanden wir zwar kein Eis auf der Oberfläche; allein wir durften nur von dem lockern Steingerölle etwas abräumen, so zeigte sich reichlich das schönste Eis, und 1 Fuß tiefer waren die Steine so fest auf einander gefroren, wie im tiefsten Winter. An andern Stellen lag Eis gleich unter dem Moose, und dieses selbst war an die Steine angefroren. Der ganze Umkreis war empfindlich kalt, was besonders an den Füßen fühlbar wurde. Einige der Gefährten, die anhaltend in den Steinen gewühlt hatten, mußten ihre Arbeit einstellen, weil die Hände vor Frost erstarrt waren.

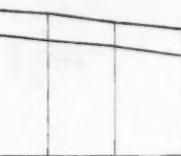
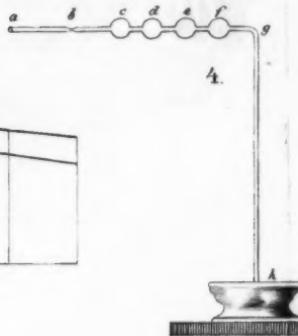
Nach den Erzählungen der Landleute, die in jener Gegend zu thun haben, soll während des Winters dort kein Eis und kein Schnee seyn, vielmehr soll diese Stelle bei der größten Kälte offen bleiben; hingegen vom Juni an soll sich das Eis bilden, und bis in den August dauern. Im gegenwärtigen Jahre soll die Eisbildung besonders reichlich gewesen seyn, und öfters haben Leute aus der Umgegend große massive Eisstücke, bei einer Wärme von 22° mit nach Hause gebracht.

卷之三

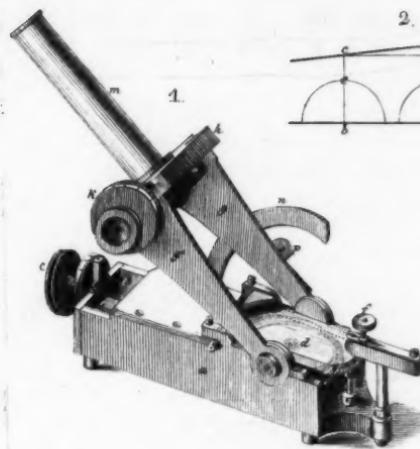


Guinand &c.

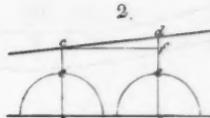
10.



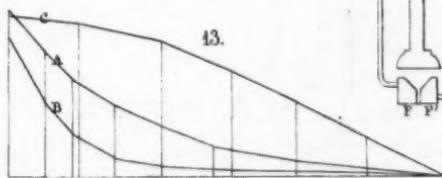
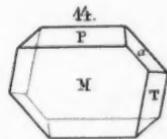
1.



2.



5.



3.

